

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Efecto del Té de vermicompost y micorrizas en la productividad de tomate
(*Solanum lycopersicum L.*) bajo cubierta.

Por:

PABLO SAUL VASQUEZ VASQUEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Torreón, Coahuila, México
Enero 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Efecto del Té de vermicompost y micorrizas en la productividad de tomate
(*Solanum lycopersicum L.*) bajo cubierta.

POR:

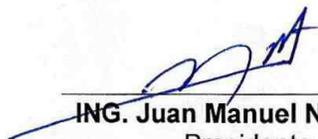
PABLO SAUL VASQUEZ VASQUEZ

TESIS

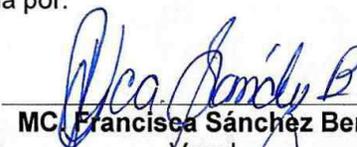
Que se somete a la consideración del H. Jurado examinador como requisito
parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Aprobada por:



ING. Juan Manuel Nava Santos
Presidente



MC. Francisca Sánchez Bernal
Vocal



ME. Víctor Martínez Cueto
Vocal



Dr. Rubén López Salazar
Vocal Suplente



M.E. JAVIER LÓPEZ HERNÁNDEZ
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México
Enero 2019



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRÓNOMICAS
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Efecto del Té de vermicompost y micorrizas en la productividad de tomate
(*Solanum lycopersicum L.*) bajo cubierta.

Por:

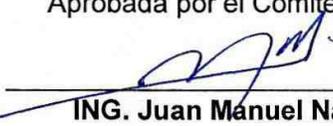
PABLO SAUL VASQUEZ VASQUEZ

TESIS

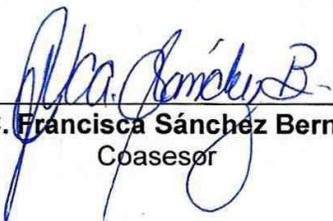
Presentado como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

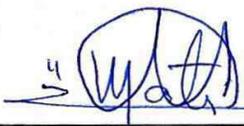
Aprobada por el Comité de Asesoría:



ING. Juan Manuel Nava Santos
Asesor Principal



MC. Francisca Sánchez Bernal
Coasesor



ME. Víctor Martínez Cueto
Coasesor



M.E. Javier López Hernández
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México
Enero 2019



AGRADECIMIENTO

A mi Universidad mi “Alma Tierra Mater” por abrirme sus puertas para poder comenzar un nuevo reto en mi vida, por los conocimientos que recibí en mi formación como profesionalista, me siento digno y orgulloso, es aquí donde se cumplió mi sueño de tener una carrera.

A los maestros que aparte de brindarme sus conocimientos y apoyo me brindaron su amistad de la cual podría confiar al Dr. Alfredo Ogaz y Dr. Héctor Madinaveitia Ríos.

DEDICATORIA

A mis padres.

Por darme la oportunidad y brindarme su apoyo incondicional para tener una carrera. Por qué supieron inculcarme y guiarme en la formación de mi vida y que nunca me dejan de apoyarme, siempre procuran para que este bien y todo lo que han hecho por mí, mil gracias y quiero que sepan que los quiero mucho.

A mis hermanos.

Porque todo su cariño, y apoyo hay hecho que nunca caiga, siempre seguir adelante por las cosas que quiero, han sabido darme su valioso tiempo y por regarme tantos momentos de felicidad en mi vida.

RESUMEN

El propósito del estudio fue evaluar el efecto del té de vermicompost y micorrizas como fertilizante orgánico en la productividad de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) bajo cubierta. Se evaluaron cuatro tipos de fertilización. Los tratamientos son: T₁ (Té de vermicompost); T₂ (Té de vermicompost + 1.5 g de micorrizas); T₃ (Té de vermicompost + 2.0 g de micorrizas) y T₄ (Té de vermicompost + 2.5 g de micorrizas). Los cuatro tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar. La evaluación se realizó hasta el cuarto racimo cosechado. Al realizar el análisis estadístico de los resultados obtenidos se encontró diferencia significativa en las variables número de fruto y peso fresco de raíz, donde sobresalió el tratamiento T₄ con 4.80 frutos por planta y 133.00 g en peso fresco de raíz. Mientras que en las variables, altura de planta, peso de fruto, espesor de pulpa, sólidos solubles totales, diámetro ecuatorial y polar no se encontró diferencia significativa entre tratamientos.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum*, Té vermicompost, Micorrizas, *Rhizophagus intraradices*, Producción orgánica, Invernadero

ÍNDICE

	Pág.
AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	iii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo	3
1.2 Hipótesis.....	3
1.3 Metas.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Generalidades del cultivo	4
2.1.1 Origen.....	5
2.1.2 Valor nutricional.....	6
2.1.3 Clasificación taxonómica.....	8
2.1.4 Descripción morfológica del tomate.....	8
2.2 Planta	8
2.2.1.1 Crecimiento determinado	9
2.2.1.2 Crecimiento indeterminado	9
2.2.2 Raíz	10
2.2.3 Tallo	11
2.2.4 Hojas.....	11
2.2.5 Flor.....	12
2.2.6 Fruto	13
2.2.7 Semillas	14
2.3 Invernaderos	15
2.3.1 Generalidades de los invernaderos	16
2.3.2 Importancia de los invernaderos.....	17
2.3.3 Ventajas del invernadero	18
2.3.4 Desventajas del invernadero	18
2.4. Exigencia de clima para el tomate	19

2.4.1 Temperatura	19
2.4.2 Humedad atmosférica.....	21
2.4.3 Luminosidad.....	22
2.4.5 Radiación en el invernadero	23
2.4.6 Dióxido de carbono (Co ₂)	23
2.5 Sustrato.....	24
2.5.1 Características físicas	25
2.5.2 Propiedades químicas.....	25
2.5.3 Propiedades biológicas	26
2.5.4 Clasificación de sustratos	27
2.5.4.1 Sustrato orgánico	27
2.5.4.2 Sustratos inorgánicos o inertes.....	28
2.6 Agricultura orgánica	28
2.6.1 Importancia de la agricultura orgánica.....	29
2.6.2 Ventajas de la agricultura orgánica	30
2.6.3 La agricultura orgánica en el mundo	30
2.6.4 La agricultura orgánica en México	32
2.7 Biofertilizantes.....	32
2.7.1 Micorrizas	33
2.7.2 Micorrizas como fertilizante.....	35
2.8 Usos y beneficio de la composta.....	36
2.9 Vermicompostaje	37
2.10 Té de vermicompost.....	38
2.10.1 Contenido del té de vermicompost	39
2.11 Labores culturales	40
2.11.1 Poda	40
2.11.2 Tutorio	42
2.11.3 Polinización	43
2.12 Principales plagas y enfermedades	43
2.13 Control de plagas	44
2.12.1 Control etológico	44
2.12.2 Control cultural	45
2.12.3 Control biológico.....	45

2.12.4 Control químico	46
III. MATERIALES Y MÉTODOS	47
3.1 Localización de la Comarca Lagunera	47
3.2 Localización del sitio experimental.....	47
3.3 Condiciones del invernadero	48
3.5 Materiales de micorrizas.....	48
3.6 Diseño experimental	48
3.7 Material vegetativa.....	49
3.8 Siembra de semilla y trasplante	49
3.12.2 Fertilización inorgánica	50
3.12.3 Té vermicompost.....	50
3.13 Labores de cultivo.....	51
3.13.1 Poda	51
3.13.2 Tutorado	51
3.13.3 Polinización	52
3.14 Control de plagas y enfermedades	52
3.15 Cosecha.....	52
3.16 Variables evaluados	53
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	54
4.1 Altura de la planta	54
4.3 Calidad de fruto.....	56
4.3.1 Número de frutos.....	56
4.3.2 Peso de fruto	57
4.3.3 Diámetro ecuatorial	59
4.3.4 Diámetro polar	60
4.3.6 Espesor de pulpa	62
4.3.7 Sólidos solubles totales.....	63
4.3.8 Peso fresco.....	64
V. CONCLUSIONES	66
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Davies <i>et al.</i> , (1981) fueron los primeros en dar de forma general la composición de los frutos de tomate:	7
Cuadro 2. Temperaturas y efectos producidos en tomate, Jaramillo <i>et al.</i> , (2007).	20
Cuadro 3. Descripción de tratamientos en base a los biofertilizantes en la productividad de tomate bajo cubierta.	49
Cuadro 4. Preparación del Steiner.	51
Cuadro 5. Variable número de frutos resultado de la evaluación té de vermicompost y micorrizas en la productividad de tomate bajo cubierta.	57
Cuadro 6. Variable peso de fruto (g) resultado de la evaluación de té de vermicompost y micorrizas en la productividad de tomate bajo cubierta.	58
Cuadro 7. Variable diámetro ecuatorial (cm) resultado de la evaluación de té de vermicompost y micorrizas en la productividad de tomate bajo cubierta.	60
Cuadro 8. Variable diámetro polar (cm) resultado de la evaluación de té de vermicompost y micorrizas en la productividad de tomate bajo cubierta.	61
Cuadro 9. Para la variable espesor de pulpa (cm) resultado de la evaluación de té de vermicompost y micorrizas en la productividad de tomate bajo cubierta.	63
Cuadro 10. Variable solidos solubles (°Brix) resultado de la evaluación de té de vermicompost y micorrizas en la productividad de tomate bajo cubierta.	64

Cuadro 11. Variable peso fresco (g) resultado de la evaluación de té de vermicompost y micorrizas en la productividad de tomate bajo cubierta.66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Variable altura de plantas (cm) resultado de la evaluación de té de vermicompost y micorrizas en la productividad de tomate bajo cubierta..	55
---	----

I. INTRODUCCIÓN

La producción mundial de tomate durante 2016 China fue el país con la mayor producción 56, 308,914 ton, con el 31.8% del total. Le siguieron India con 18, 399,000 ton, Estados Unidos con 13, 038,410 ton, Turquía con 12, 600,000 ton y Egipto con 7, 943,285 ton. México ocupa la décima posición mundial con 4, 047,171 ton. (FAOSTAT, 2016).

En México el jitomate o tomate está considerado como la segunda especie hortícola por la superficie sembrada y como la primera por su valor de producción (Rincón, 2014). Los cinco principales estados productores son: Sinaloa, con 551 mil ton, San Luis Potosí, 296.8 mil ton, Baja California, 225.9 mil ton, Zacatecas, 185.2 mil ton, y Michoacán, 178.2 mil ton. Esta actividad se realiza en una superficie de 46 mil 677 hectáreas (SAGARPA, 2017).

La producción de tomate en condiciones protegidas incrementa el rendimiento y la calidad de fruto. La superficie empleada para cultivos en invernadero en México asciende a 6,000 ha y crece anualmente en un 25%, de esta superficie, 3,450 ha se destinan a la producción de tomate (Rodríguez *et al.*, 2008).

La agricultura orgánica o biológica ha ido adquiriendo importancia dentro del sistema agroalimentario, a producir alimentos no dañinos y de calidad para el hombre, los animales como amigable al medio ambiente, se caracteriza por el menor uso de productos químicos como plaguicidas o fertilizantes sintéticos, de esta forma se obtiene alimentos mucho más saludable y nutritivo, además de contribuir con la sustentabilidad del medio ambiente (FAO, 2004).

Una de las alternativas para incrementar la producción agrícola, es la aplicación de biofertilizantes que son productos agrobiotecnológicos, con el motivo de sustituir parcial o totalmente la fertilización sintética, así como también a disminuir la contaminación generados por los agroquímicos. Los biofertilizantes contiene microorganismos vivos o latentes como puede ser bacterias u hongos, solos o combinados, y que son aplicados a los cultivos para incrementar el crecimiento y productividad. La aplicación de biofertilizantes producidos a partir de hongo micorrízicos arbusculares (HMA), son microorganismos capaces de colonizar el sistema radical y establecer una asociación mutualista o simbiosis con las plantas. Contribuyen a la tolerancia a patógenos del suelo y a condiciones ambientales adversas, se promueve la precocidad en la floración, fructificación, el tamaño del fruto, uniformidad en la producción y mayor rendimiento, obteniendo productos de excelente calidad que día a día los consumidores demandan.

La utilización de materiales orgánicos, es una alternativa para satisfacer la demanda nutricional de los cultivos. La aplicación del té vermicompost es una infusión líquida de alta calidad biológica que se consigue por una fermentación aeróbica es producido al mezclar vermicompost con agua y una oxigenación continua. Que contiene nutrientes solubles, microorganismos, ácidos húmicos y una mayor capacidad de intercambio catiónico, que promueve el crecimiento de las diferentes estructura de las plantas.

Por lo antes expuesto, se plantea el objetivo del presente trabajo.

1.1 Objetivo

Evaluar dosis de micorrizas y té de vermicomposta para el incremento de la productividad de tomate

1.2 Hipótesis

Debido a los fertilizantes biológicos evaluados que proveen a las plantas de nutrientes se incrementa la productividad del tomate.

1.3 Metas

Observar en esta investigación el comportamiento cualitativo y cuantitativo que expresa la utilización de Té de vermicompost más micorrizas, como fertilizante biológico, para incrementar la productividad de tomate.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del cultivo

El tomate o jitomate (*Solanum lycopersicum L.*) es una planta perenne en forma de arbusto que se cultiva anualmente y puede desarrollarse de forma rastrera, semi-erecta o erecta. Es uno de los frutos que contiene mayor cantidad de vitaminas y minerales, tiene bajo valor calórico y se caracteriza por un elevado contenido de agua, de 90 a 94%. Además, se reportan importantes contenidos de azúcares solubles (fructosa, glucosa y sacarosa), menor proporción de proteínas, fibra, ácidos orgánicos (cítrico y málico) y licopeno (Ruíz *et al.*, 2012).

El tomate, es uno de los cultivos hortícolas de mayor importancia comercial en el mundo, es priorizado, debido a su alta demanda y a la gran importancia que posee en la dieta de la población, tanto para consumo fresco como en conservas (Moya *et al.*, 2010).

Según Notario-Medellin y Sosa-Morales (2012) el jitomate es un alimento de importancia mundial cuyo consumo contribuye en la prevención de enfermedades cardiovasculares y varios tipos de cáncer, lo cual está asociado especialmente al licopeno. Las principales variedades cultivadas en México son bola, cherry y saladette.

El tomate puede cultivarse durante todo el año, pero hay que tener en cuenta que las heladas y el calor excesivo pueden dificultar su buen desarrollo en esas épocas. Para subsanar estos inconvenientes, es imprescindible la adopción de nuevas tecnologías, como ser el cultivo en invernadero, el uso de mallas plásticas que intercepten más del 50 % la luz del sol, y mejorar el sistema de riego. Para

obtener buenos resultados, la elección de la variedad debe ir acompañada por la adquisición de una semilla confiable, de buena calidad (FAO, 2013).

Los cultivos de tomate pertenecen a los de mayor comercialización en todo el mundo y el de mayor valor económico (INFOAGRO, 2011).

El tomate es una de las hortalizas más difundidas en todo el mundo con alto valor económico, ya que representa 30% de la producción hortícola a nivel mundial. Su demanda aumenta considerablemente y con ella su cultivo, producción y comercio. El incremento anual de la producción en los últimos años, se debe principalmente al rendimiento e incremento de la superficie cultivada (Sánchez *et al.*, 2012).

2.1.1 Origen

El origen del género *Lycopersicon* se localiza en la región andina que se extiende desde el sur de Colombia al norte de Chile. Probablemente desde allí fue llevado a Centroamérica y México donde se domesticó y ha sido por siglos parte básica de la dieta. Luego, fue llevado por los conquistadores a Europa. Durante el siglo XVI se consumían en México tomates de distintas formas y tamaños e incluso rojos y amarillos y para entonces ya habían sido traídos a España y servían como alimento en España e Italia. En otros países europeos solo se utilizaban en farmacia y así se mantuvieron en Alemania hasta comienzos del siglo XIX. Los españoles y portugueses difundieron el tomate a Oriente Medio y África, y de allí a otros países asiáticos, y de Europa también se difundió a Estados Unidos y Canadá (Monardes *et al.*, 2009).

Según Pérez *et al.*, (2002) el tomate, es una planta originaria de la planicie costera occidental de América del Sur. Fue introducido por primera vez en Europa

a mediados del siglo XVI; a principios del siglo XIX se comenzó a cultivar comercialmente, se inició su industrialización y la diferenciación de las variedades para mesa y para industria.

Su domesticación habría que situarla en México, en el área entre Puebla y Veracruz, a partir de la forma silvestre *Lycopersicon esculentum var.* que crece espontáneamente en América tropical y subtropical, extendiéndose por las regiones tropicales del Viejo Mundo. A principios del siglo XVI fue traído a España y más tarde se extendió por el resto de Europa. Pero su alto grado de domesticación se alcanza antes de su llegada a Europa, reflejado en la gran diversidad de formas, tamaños y colores representados en los herbarios de la época. Las primeras introducciones mostraban un color de fruto amarillo (Carravedo y Galarreta, 2005).

El tomate es la hortaliza más difundida y predominante del mundo. Se siembra prácticamente en toda la República Mexicana en los ciclos agrícolas, ocupa el primer lugar en importancia económica y social, debido a su derrama económica y su gran demanda de mano de obra (Gallegos *et al.*, 2013).

2.1.2 Valor nutricional

Según Fernández-Ruiz *et al.*, (2007) el tomate tiene bajo valor calórico 17 kcal/100 g y se caracteriza por un elevado contenido de agua 90-94 %, un importante contenido de azúcares solubles (fructosa, glucosa y sacarosa), menor proporción de proteínas, fibras ácidos orgánicos (cítrico y málico) y un destacado e vitaminas (A Y C) carotenoides y elementos minerales.

En general, el jitomate es un alimento que se caracteriza por tener un alto contenido de humedad, la cual se encuentra entre 90 y 97%, es bajo en grasas,

proteínas y azúcares (0.7- 1.1%. 0.2- 0.7%, 1.2- 2.5%, respectivamente), y es una fuente importante de B- carotenos, licopeno y vitaminas C, sin embargo, su aporte nutricional depende de la variedad (FAO, 2010).

El consumo de esta hortaliza es una parte importante de la dieta humana, ya que es un alimento muy versátil, con forma de consumo variado. Altas ingestas de este producto están estrechamente relacionadas con un impacto benéfico en la salud, ya que es capaz de reducir el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares y diferentes tipos de cáncer, atribuido principalmente a su alto contenido de antioxidantes (licopeno, ácido ascórbico y compuestos fenólicos) (Bugianesi *et al.*, 2004; Borguini y Ferraz, 2009).

Cuadro 1. Davies *et al.*, (1981) fueron los primeros en dar de forma general la composición de los frutos de tomate:

Constituyente	Materia seca (%)	Constituyente	Materia seca (%)
Azúcares		Minerales	
Glucosa	22	(K, Ca, Mg, P)	8
Fructosa	25	Otros	
Sacarosa	1	Lípidos	2
Sólidos insolubles en alcohol		Ácidos amino dicarboxílicos	2
Proteínas	8	Pigmentos	0.4
Sustancias pecticas	7	Ácido ascórbico	0.5
Hemicelulosas	4	Volátiles	0.1
Celulosas	6	Otros	1.0
Ácido orgánicos		aminoácidos, y	
Ácido cítrico	9	vitaminas	
Ácido málico	4	polifenoles	

2.1.3 Clasificación taxonómica

De acuerdo a Notario-Medellín y Sosa-Morales (2012) la clasificación taxonómica del tomate es de siguiente manera:

Dominio: Eukaryota

Reino: Plantae

Subreino: Trachobionta

Subdivisión: Spermatophyta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteride

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: *Solanum*

Especie: *lycopersicum L.*

2.1.4 Descripción morfológica del tomate

Las principales características morfológicas de la planta de tomate se describirán a continuación como se indica:

2.2 Planta

El tomate pertenece a la familia Solanaceae. Es una planta dicotiledónea y herbácea perenne (López, 2016).

La planta de tomate es anual, de porte arbustivo. Se desarrolla de forma rastrera, semierecta o erecta, dependiendo de la variedad. El crecimiento es limitado en las variedades determinadas e ilimitado en las indeterminadas (Pérez *et al.*, 2002).

Planta se desarrolla bien en un amplio rango de latitudes, tipos de suelo, temperaturas y métodos de cultivo y es moderadamente tolerante a la salinidad, prefiere ambientes cálidos con buena iluminación y buen drenaje (Chamarro, 1995).

2.2.1.1 Crecimiento determinado

Son plantas cuyo tallo principal y lateral detienen su crecimiento después de un determinado número de inflorescencias, según la variedad. Son de porte bajo y compacto y producen frutos durante un periodo relativamente corto. Su crecimiento se detiene después de la aparición de varios racimos de flor con la formación de un último racimo apical. La cosecha puede realizarse de una a tres veces durante el ciclo de cultivo (López, 2016).

2.2.1.2 Crecimiento indeterminado

Son plantas cuyo tallo principal y lateral crecen en un patrón continuo, siendo la yema terminal del tallo la que desarrolla el siguiente tallo. La floración, la fructificación y la cosecha se extienden por periodos muy largos, por lo que son usualmente cultivadas en invernaderos o casas sombra con tutoreo. Poseen condiciones adecuadas para un crecimiento continuo, dado que forman hojas y flores de manera ilimitada. La aparición de flores en los racimos y su grado de desarrollo son escalonados: las primeras flores del racimo pueden estar totalmente abiertas, mientras que las últimas aún no se abren (López, 2016).

2.2.2 Raíz

El sistema radical alcanza una profundidad de hasta 2 m, con una raíz pivotante y muchas raíces secundarias. Sin embargo, bajo ciertas condiciones de cultivo, se daña la raíz pivotante y la planta desarrolla un sistema radical fasciculado, en que dominan raíces adventicias y que se concentran en los primeros 30 cm del perfil (Monardes *et al.*, 2009).

La raíz está compuesta por una epidermis o parte externa en donde se encuentran pelos absorbentes especializados en tomar agua y nutrientes. En el interior se localizan el córtex y el cilindro central conformado por el xilema, que es el tejido responsable del transporte de los nutrientes desde la raíz hacia las hojas y otros órganos de la planta (Escobar y Lee, 2009).

Raíz principal (corta y débil), raíces secundarias (numerosas y potentes) y raíces adventicias. Seccionando transversalmente la raíz principal y de fuera hacia dentro encontramos: epidermis, donde se ubican los pelos absorbentes especializados en tomar agua y nutrientes, córtex y cilindro central, donde se sitúa el xilema (conjunto de vasos especializados en el transporte de los nutrientes) (Infoagro Systems S.L, 2016).

El sistema radicular del tomate puede llegar a una profundidad de más de 1.25 m, pero la mayoría de las raíces se sitúan en la capa superior del suelo. En general las variedades de crecimiento determinado tienen un sistema radicular más pequeño y superficial; también las plantas procedentes de siembra directa tienen una raíz principal más importante y un sistema radicular más profundo que las plantas trasplantadas. Los suelos ligeros y arenosos favorecen el desarrollo de raíces profundas (FAO, 2002).

2.2.3 Tallo

El tallo, al igual que en muchas plantas superiores, es una continuación de la raíz. Generalmente mide entre 2 y 4 centímetros en la base de la planta y es más delgado en la parte superior donde se están formando nuevas hojas y racimos florales. El tallo también está conformado por epidermis, que contiene pelos glandulares, corteza, cilindro vascular (xilema) y tejido medular (Escobar y Lee, 2009).

Los tallos son ligeramente angulosos, semileñosos, de grosor mediano y con tricomas, simples y glandulares. Eje con un grosor que oscila entre 2-4 cm en su base, sobre el que se van desarrollando las hojas, tallos secundarios e inflorescencias. En la parte distal se encuentra el meristemo apical, donde se inician los nuevos primordios foliares y florales (Monardes *et al.*, 2009).

El tallo principal se prolonga en el brote lateral más vigoroso que nace de la axila de la hoja que está justo debajo del racimo. Por fototropismo este brote crece hacia arriba, desviando hacia un lado la parte superior del tallo principal y dando la impresión de que el racimo terminal está ladeado. Este brote axilar termina igualmente en un racimo floral que aparece normalmente después del desarrollo de 3 hojas, aunque a veces aparece tras sólo 1 ó 2 hojas. El crecimiento se prolonga nuevamente a través del brote lateral más vigoroso, siendo los laterales inferiores más débiles (FAO, 2002).

2.2.4 Hojas

La hoja es compuesta y posee un número impar de folíolos verdes, que depende de la variedad y de la posición de la hoja en la planta. Asimismo la forma, dimensión, estructura, espesor y color son factores que también dependen de la

variedad. En general las hojas de variedades tardías son más gruesas y más oscuras aunque también influyen las condiciones de cultivo. Cuando la planta es muy vigorosa ocurre que la hoja se repliega alrededor del raquí, mientras que el abullonado de las hojas jóvenes puede ser debido a un estrés hídrico o a los pinzamientos, sobre todo en el tipo determinado (FAO, 2002).

Las hojas son compuestas e imparipinnadas, con foliolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alternada sobre el tallo (Monardes et al., 2009).

El número de hojas por tallo y la frecuencia de aparición de hojas están determinados principalmente por el tipo de hábito de crecimiento de la planta y por la temperatura (Escobar y Lee, 2009).

2.2.5 Flor

La flor del tomate es perfecta. Consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo dispuestos de forma helicoidal y de igual número de estambres que se alternan con los pétalos. Los estambres están soldados por las anteras y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo y evitan la polinización cruzada. Las flores se agrupan en inflorescencias denominadas comúnmente como "racimos". La primera flor se forma en la yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal. Las inflorescencias se desarrollan cada 2-3 hojas en las axilas (Monardes *et al.*, 2009).

Se agrupan en inflorescencias de tipo racimo cimoso, compuesto por 4 a 12 flores. Temperaturas superiores a los 30°C ocasionan que el polen no madure, por

lo tanto no hay fecundación, observándose aborto floral o caída de flor. Por lo que se recomienda seleccionar variedades que se adapten a este tipo de condiciones ambientales. Las variedades de tomate de crecimiento determinado inician su floración entre los 55 a 60 días después de sembrados; mientras que las de crecimiento indeterminado, entre los 65 a 75 días después de la siembra (Pérez et al., 2002).

En cada inflorescencia o racimo se forman varias flores y una sola planta de crecimiento indeterminado puede producir 20 o más inflorescencias sucesivas durante un ciclo de cultivo, bajo condiciones de invernadero. La formación de racimos florales ocurre más o menos cada semana y media (Escobar y Lee, 2009).

Tanto las temperaturas bajas de menos de 13°C, como las altas de más de 32°C, intervienen en el sentido de reducir la cantidad de polen. Por otra parte también la calidad del polen se ve afectada por las bajas temperaturas, especialmente durante el período de microsporogénesis, que es cuando la flor se encuentra en estado de pequeño botón, aproximadamente dos semanas antes de la floración (FAO, 2002).

La iniciación de las flores se retrasa cuando existen deficiencias en la nutrición mineral de la planta, particularmente en nitrógeno, fósforo y potasio; retraso que podría ser debido a un retraso general del crecimiento y desarrollo de la planta más que a un efecto específico sobre la floración (Nuez, 1995).

2.2.6 Fruto

El fruto del tomate es una baya que presenta formas muy variadas, así como distintos tamaños y colores. En general, los tomates cultivados en invernadero son redondos, de tamaño mediano, con 2 a 5 lóculos y de color rojo (FAO, 2002). Según López (2016) existen cultivares de tomate con frutos de color amarillo, rosado, morado, naranja y verde, entre otros.

El inicio del periodo de fructificación ocurre entre los 60 a 65 días después de la siembra, y la primera cosecha puede realizarse entre los 75 a 80 días, si la variedad es de crecimiento determinado. Si es indeterminada, se presenta la fructificación da inicio entre los 70 a 80 días, y la primera cosecha se realizan entre los 85 a 90 días después de siembra. El número de cortes dependerá del manejo dado al cultivo de tomate, de las condiciones climáticas imperantes durante su ciclo de cultivo y de su hábito de crecimiento. Sin embargo, pueden realizarse en promedio de 7 a 8 cortes en las variedades de crecimiento determinado, y de 12 a 15 cortes en las indeterminadas (Pérez *et al.*, 2002).

El fruto del tomate está constituido por un 94-95% de agua. El restante 5-6% es una mezcla compleja en la que predominan los constituyentes orgánicos, los cuales dan al fruto su sabor característico y su textura (Escobar y Lee, 2009).

2.2.7 Semillas

Las semillas son la unidad de reproducción sexual de las plantas y tienen la función de multiplicar y perpetuar la especie a la que pertenecen, siendo uno de los elementos más eficaces para que esta se disperse en tiempo y espacio. Constituyen el mecanismo de perennización por el que las plantas perduran generación tras generación (Doria, 2010).

La semilla de tomate es aplanada y de forma lenticelar con dimensiones aproximadas de 3 x 2 x 1 mm. Si se almacena por periodos prolongados se aconseja hacerlo a humedad del 5.5%. Una semilla de calidad deberá tener un porcentaje de germinación arriba del 95% (Pérez *et al.*, 2002).

Está constituido por el embrión, el endospermo y la testá o cubierta seminal. El embrión cuyo desarrollo dará lugar a la planta adulta, está constituido, a su vez por la yema apical, dos cotiledones, el hipocótilo y la radícula. El endospermo contiene los elementos nutritivos necesarios para el desarrollo inicial del embrión. La testá o cubierta seminal está constituida por un tejido duro e impermeable (Nuez, 1995).

2.3 Invernaderos

Un invernadero es toda aquella estructura cerrada, cubierta por materiales transparentes, dentro de la cual es posible obtener unas condiciones artificiales de microclima y, con ello, cultivar plantas en condiciones óptimas, con la finalidad de desarrollar cultivos en un ambiente controlado de temperatura y humedad (Jaramillo *et al.*, 2007).

Un invernadero es una construcción agrícola con una cubierta traslúcida que tiene por objetivo reproducir o simular condiciones climáticas adecuadas para el crecimiento y desarrollo de plantas de cultivo establecidas en su interior, con cierta independencia del medio exterior. De las estructuras empleadas para proteger cultivos, los invernaderos permiten modificar y controlar de forma más eficiente los principales factores ambientales que intervienen en el crecimiento y desarrollo de las especies vegetales (Juárez *et al.*, 2011).

Un invernadero es una construcción cuya cubierta o techo es de un materia que deja pasar a luz solar, facilitando la acumulación de calor durante el día y desprendiéndolo lentamente durante la noche, cuando las temperaturas descienden drásticamente. De esta manera se evitan las pérdidas de los cultivos ocasionados por las heladas así como por las bajas temperaturas (FAO, 2012).

2.3.1 Generalidades de los invernaderos

El uso de invernaderos para la producción de hortalizas ha crecido en México rápidamente en los últimos años. Lo más importante para el éxito de estos agronegocios es incrementar la eficiencia de la producción, lograr mayor calidad y alta productividad, lo cual está relacionado con las condiciones climáticas específicas de cada región (Castañeda-Miranda *et al.*, 2007).

La producción de cultivos en invernadero, en comparación con los de cielo abierto, es de mayor calidad y cantidad y mejor precio en cualquier época del año (Guzmán-Cruz *et al.*, 2010).

El invernadero permite controlar el ambiente interno, modificando el clima y creando las condiciones para el desarrollo de los cultivos en cualquier época del año. De esta manera, las temperaturas al interior del invernadero durante la noche siempre serán mayores que las de afuera (FAO, 2012).

Los invernaderos no son más que estructuras cerradas, con mayor o menor grado de tecnificación según las necesidades, orientados a obtener la mayor productividad de cultivos hortícolas, semilleros y planta joven, planta ornamental, flor y verde de corte. La diversificación productiva, tan necesaria en los tiempos actuales, nos indica la necesidad de mejorar nuestros sistemas de producción. Un

invernadero es una herramienta muy útil para producirlas fuera de temporada, conseguir mayor precocidad, aumentar los rendimientos, acortar los ciclos vegetativos de las plantas, mejorar la calidad de los cultivos mediante una atmósfera interior artificial y controlada (Marín, 2013).

2.3.2 Importancia de los invernaderos

De acuerdo con Iglesias (2006) mejorar la calidad comercial de las cosechas producidas, con una mayor seguridad de cosecha debido fundamentalmente a la protección que ejercen los invernáculos sobre ciertos fenómenos climáticos, como por ejemplo sequías, heladas, vientos y lluvias.

De acuerdo con FAO (2012) las principales ventajas de los invernaderos son:

- Permiten la producción de hortalizas durante todo el año en regiones que presentan condiciones extremas, facilitando la planificación de la producción.
- Al controlar la temperatura y humedad, aceleran el crecimiento de los cultivos permitiendo que la cosecha se realice en menos tiempo.
- Los rendimientos son mayores que a campo abierto. Se produce más en poco espacio de terreno.
- Facilitan el control de las plagas y enfermedades. Se puede controlar la temperatura y humedad.
- Conservan los suelos porque promueven el cultivo en el mismo suelo en varias oportunidades. Protege a las plantas de las heladas, granizadas, nevadas y bajas temperaturas en general.
- Utilizan el agua eficientemente y de forma controlada.
- Las plantas y los productos están menos expuestos a la contaminación del aire.

2.3.3 Ventajas del invernadero

De acuerdo con Pacheco (2010) las principales ventajas son:

- Intensificación de la producción.
- Posibilidad de cultivar todo el año.
- Obtención de productos fuera de temperatura.
- Obtención de productos en regiones con condiciones restrictivas.
- Aumento de los rendimientos por unidad de superficie.
- Obtención de productos de alta calidad.
- Menor riesgo en la producción.
- Menor riesgo en la producción.
- Uso más eficiente del agua e insumos.
- Mayor control de plagas, malezas y enfermedades.
- Mayor comodidad y seguridad para realizar el trabajo.
- Condiciones idóneas para la experimentación e invernadero.

2.3.4 Desventajas del invernadero

Marco, (2006) y Pacheco, (2010) menciona que las desventajas de un invernadero son:

- La inversión inicial es alta.
- Alto costo de operación.
- El manejo requiere de personal capacitado y especializado, con experiencia en la práctica y con conocimientos teóricos amplios y especializados.
- Alto grado de conocimiento sobre los requerimientos del cultivo.
- Cambio de mentalidad del productor, accionista-inversionista.
- Condiciones óptimas para el taque de agentes patógenos.
- Dependencia del mercado.

2.4. Exigencia de clima para el tomate

La duración del ciclo del cultivo de tomate está determinada por las condiciones climáticas de la zona en la cual se establece el cultivo, el suelo, el manejo agronómico que se dé a la planta, el número de racimos que se van a dejar por planta y la variedad utilizada. La temperatura es el principal factor climático que influye en la mayoría de los estados de desarrollo y procesos fisiológicos de la planta. El desarrollo satisfactorio de sus diferentes fases (germinación, crecimiento vegetativo, floración, fructificación y maduración de frutos) depende del valor térmico que la planta alcanza en el invernadero en cada periodo crítico (Jaramillo *et al.*, 2007).

El tomate es una hortaliza de gran adaptación climática. Es insensible al fotoperiodo pero muy sensible a las altas y bajas temperaturas. Los factores climáticos que más afectan a las diferentes fases del cultivo son temperatura) luminosidad y humedad relativa (Vallejo y Estrada, 2004).

2.4.1 Temperatura

La temperatura es el principal factor climático que influye en la mayoría de los estados de desarrollo y procesos fisiológicos de la planta. El desarrollo satisfactorio de sus diferentes fases (germinación, crecimiento vegetativo, floración, fructificación y maduración de frutos) depende del valor térmico que la planta alcanza en el invernadero en cada periodo crítico. En un invernadero, cuando se produce un aumento de temperatura, ésta provoca en la planta una intensificación de todos los procesos biológicos y térmicos bien definidos que es necesario conocer en las plantas cultivadas en invernadero. El tomate es un cultivo capaz de crecer y desarrollarse en condiciones climáticas variadas. La temperatura óptima para el crecimiento está entre 21 y 27° C, y para el cuajado de frutos durante el día está entre 23 y 26° C y durante la noche entre 14 y 17° C (Jaramillo *et al.*, 2007).

Cuadro 2. Temperaturas y efectos producidos en tomate, Jaramillo *et al.*, (2007).

Temperatura	Efecto que produce en la planta
Mínima 8-12° C	Los procesos de toma de nutrientes y crecimiento alcanzan una intensidad mínima o se detienen; si la temperatura mínima se prolonga por varios días la planta se debilita, y si ocurren temperaturas por debajo de este nivel, la planta sufre una progresiva decadencia o muerte.
Óptima 21-27° C	Todos los procesos bioquímicos se desarrollan normalmente; el crecimiento vegetativo, floración y fructificación son adecuados.
Máxima 32-36° C	Los procesos bioquímicos y de toma de nutrientes están al máximo, son excesivos y agotadores para la planta, se presentan desórdenes fisiológicos y se detiene la floración; cuando estas temperaturas se prolongan ocurre la muerte de la planta.

La temperatura media mensual óptima para su desarrollo varía entre 21 y 24°C, aunque se puede producir entre los 18 y 25°C. Cuando la temperatura media mensual sobrepasa los 27°C, las plantas de tomate no prosperan. Temperaturas sobre los 30°C afectan el periodo de fructificación. Asimismo, la temperatura nocturna puede ser determinante en el cuajado, pues debe ser suficientemente fresca (15 a 22°C). Las temperaturas inferiores a 12 - 15°C también originan problemas en el desarrollo de la planta y pueden provocar frutos deformes. En general, con temperaturas superiores a 25°C e inferiores a 12°C la fecundación es defectuosa o nula. La maduración del fruto está muy influida por la temperatura en lo referente tanto a la precocidad como a la coloración, de forma que valores cercanos a los 10°C así como superiores a los 30°C originan tonalidades amarillentas. La planta detiene su crecimiento entre los 10°C y 12°C y se hiel a -2°C (Monardes *et al.*, 2009).

El tomate es una especie de estación cálida y su temperatura óptima de desarrollo varía entre 18 y 30°C. Temperaturas extremas pueden ocasionar diversos trastornos, ya sea en la maduración, precocidad o color. Temperaturas bajo 10°C afectan la formación de flores y temperaturas mayores a 35°C pueden afectar el periodo de fructificación. Asimismo, la temperatura nocturna puede ser determinante en la producción, ya que cuando es inferior a 10°C originaría problemas en el desarrollo de la planta y frutos, provocando deformidades (Allende, 2017).

2.4.2 Humedad atmosférica

En el cultivo de tomate, es conveniente que la humedad relativa (HR) del aire sea entre 70 y 80%, los valores superiores favorecen el desarrollo de enfermedades del follaje (Pérez *et al.*, 2002).

La humedad relativa, el desarrollo del tomate requiere que ésta oscile entre 60 y 80%, considerando que humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades fungosas y bacterianas que, además, dificultan la fecundación debido a que el polen se compacta abortando parte de las flores. También se vincula al agrietamiento del fruto o “rajado”, cuando se presenta un período de estrés hídrico, seguido de un exceso de humedad en el suelo por riego abundante (Allende, 2017).

La humedad ambiental es demasiado alta, el intercambio gaseoso queda limitado y se reduce la transpiración y por consiguiente la absorción de nutrientes, si es demasiado baja se cierran los estomas y se reduce la tasa de fotosíntesis. La humedad alta puede dificultar la polinización puesto que el polen húmedo puede quedar pegado en los órganos masculinos. Esta humedad ambiental puede

favorecer el desarrollo de enfermedades. Si la temperatura del cultivo disminuye por debajo de la temperatura del rocío del aire, se condensa el agua y se favorece el desarrollo de enfermedades por hongos (Huertas, 2008).

2.4.3 Luminosidad

El tomate requiere días soleados para un buen desarrollo de la planta y lograr una coloración uniforme en el fruto. La baja luminosidad afecta los procesos de floración, fecundación y desarrollo vegetativo de la planta y reduce la absorción de agua y nutrientes (Jaramillo *et al.*, 2007).

De acuerdo con Castro *et al.*, (2014) el tomate necesita de condiciones de muy buena luminosidad, de lo contrario los procesos de crecimiento, desarrollo, floración, polinización, a su vez de maduración de los frutos pueden verse negativamente afectados. El factor que más afecta el desarrollo vegetativo, es la iluminación diaria total. El valor mínimo, para floración, así como para el cuajado, se sitúa en torno a los 235 Wh/m² de radiación total diaria. Valores reducidos de luminosidad pueden incidir de forma negativa sobre los procesos tanto de la floración, como de la fecundación, así como el desarrollo vegetativo de la planta.

En los momentos críticos, durante el período vegetativo, resulta crucial la interrelación existente. Debe ir acorde con la temperatura: En momentos de menor iluminación, la temperatura del invernadero debe ser más baja. En momentos de mayor iluminación, la temperatura debe ser más alta. Desequilibrios entre temperatura e iluminación, favorecen la aparición de racimos dobles y problemas en la polinización que conllevan o caída de flores o frutos mal cuajados (Castro *et al.*, 2014).

2.4.5 Radiación en el invernadero

La radiación solar es a fuente de energía usada por el suelo, las plantas y dentro del invernadero, es muy importante para el proceso de fotosíntesis en las plantas, mediante el cual producen materia vegetal creciendo y desarrollándose. Parte de esta materia vegetal es el producto cosechado del cultivo como: fruto, hoja, tallo o raíz. Así, que existe una relación directa entre la cantidad de radiación solar que un cultivo ha recibido y la cosecha que podemos obtener de él si lo cultivamos correctamente (Hernández *et al.*, 2001).

Según Lorenzo (2012) la radiación fotosintéticamente activa (PAR) interceptada por los cultivos, como fuente de la fotosíntesis, es uno de los principales determinantes de la producción. En el invernadero este factor depende de:

- La radiación incidente, subordinada a la latitud y variable a lo largo del ciclo anual; el régimen de nubosidad, y la contaminación del aire.
- La transmisión de radiación a través de la cubierta es un parámetro sujeto a las variaciones de la posición solar que modifican el ángulo de incidencia de la radiación sobre la cubierta a lo largo del día y de la estación anual.

La radiación solar óptima favorece, el color al permitir una síntesis mayor de pigmentos rojos (antocianinas y licopeno), mejorando el índice refractométrico (°Brix), y aumentando el contenido de materia seca y, además, el de ácido ascórbico (Fischer y Patricia, 2012).

2.4.6 Dióxido de carbono (CO₂)

El bióxido de carbono (CO₂), temperatura, humedad relativa y radiación solar, son los principales factores que determinan la velocidad del proceso

fotosintético en las plantas, y por ende su crecimiento y productividad. La concentración actual de CO₂ en la atmósfera es de 350 a 400 ppm, mientras que la concentración que permite tener la mayor tasa de fotosíntesis en las plantas es aquella que va de las 900 a 1000 ppm. Alrededor del 40 % de la materia seca que conforma a las plantas está compuesta por carbono (C), el cual proviene del CO₂ y que se incorpora a través de la fotosíntesis (INTAGRI, 2017).

Las plantas tienen la capacidad de captar el CO₂ atmosférico y mediante procesos fotosintéticos metabolizarlo para la obtención de azúcares y otros compuestos que requieren para el normal desarrollo de su ciclo. Las plantas, a través de la fotosíntesis, extraen el carbono de la atmósfera (en forma de CO₂) y lo convierten en biomasa. La biomasa al descomponerse se convierte en parte del suelo (en forma de humus) o en CO₂ (a través de la respiración de los microorganismos que procesan la biomasa (Carvajal, 2017).

2.5 Sustrato

Un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, ya sea natural o de síntesis, residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular de la planta, desarrollando el papel de soporte para la planta (Díaz, 2004).

Señala Cruz *et al.*, (2012) un sustrato para el cultivo de plantas es todo material que puede proporcionar anclaje, oxígeno y agua suficiente para el óptimo desarrollo de las mismas, o en su caso nutrientes, requerimientos que pueden cubrirse con un solo material o en combinación con otros.

El término sustrato se aplica a todo material que, puro o en mezcla, son empleados para reemplazar al suelo en el cultivo de plantas en contenedores, son el medio de soporte de las plantas y suministran a las raíces el agua y los nutrientes requeridos para el crecimiento vegetal. Un buen sustrato es esencial para la producción de plantas de calidad. Dado que el volumen del contenedor (maceta, bandeja, multicelda, sacos) es limitado, el sustrato y sus componentes deben poseer características físicas y químicas que permitan un crecimiento óptimo. El objetivo de cualquier sustrato para cultivo es producir una planta/cosecha de calidad en el menor tiempo y bajos costos de producción (Martínez y Soriano, 2014).

2.5.1 Características físicas

Las principales propiedades físicas que se necesitan determinar en un sustrato para caracterizarlo son: densidad aparente, densidad real, granulometría, porosidad total, porosidad de aire, porosidad de agua, agua fácilmente disponible, agua de reserva y agua difícilmente disponible. Las propiedades físicas en un sustrato son fundamentales; si un sustrato no cumple con las propiedades físicas deseables, se pueden cambiar antes de que el sustrato se encuentre en el contenedor con la planta en desarrollo (Díaz, 2004).

De acuerdo con Bures (1997) entre las características físicas más importantes hallamos: densidad real, granulometría, densidad aparente, retención de agua, aireación, conductividad hidráulica y temperatura.

2.5.2 Propiedades químicas

Las principales propiedades químicas que se deben determinar en un sustrato son: pH, conductividad eléctrica, capacidad de amortiguamiento, capacidad

de intercambio catiónico (CIC), nutrientes disponibles en la solución, elementos pesados y compuestos fitotóxicos (Díaz, 2004).

De acuerdo con Bures (1997) las propiedades químicas y físicas-químicas se derivan de la composición elemental de los materiales y del modo de estar los elementos fijados a estos y su relación con el medio. La reactividad de un sustrato se plasma en un intercambio de materia entre el material sólido que forma el sustrato y la solución del mismo. Un sustrato podrá ser más o menos estable en el tiempo en función de su reactividad química, puesto que el material que compone el sustrato puede reaccionar con la fase líquida, liberando o adsorbido elementos nutritivos o bien puede ser un material que no se descomponga ni libera elementos solubles. Se pueden definir dos tipos extremos de sustratos desde el punto de vista químico:

- Sustratos químicamente inertes, son aquellos que no se descomponen química o bioquímicamente, no liberan elementos solubles de forma notable ni tiene capacidad de adsorber elementos añadidos a la solución del sustrato. En los sustratos inertes no existe transferencia de materia entre el material sólido y la solución.
- Sustratos activos químicamente o no inerte, reaccionan liberando elementos debido a la degradación, disolución o reacción de los compuestos que forman el material sólido del sustrato o bien adsorbiendo elementos en su superficie que pueden intercambiar con los elementos disueltos en la fase líquida

2.5.3 Propiedades biológicas

Así las propiedades biológicas de un sustrato se pueden concretar en: Velocidad de descomposición, efectos de los productos de descomposición y actividad reguladora del crecimiento (INFOAGRO, 2017).

2.5.4 Clasificación de sustratos

Un buen sustrato es esencial para la producción de plantas en maceta de calidad, dado que el volumen de la maceta es limitado, el sustrato y sus componentes deben de poseer características físicas y químicas que, combinados con un programa integral de manejo y fertilización, permitan el óptimo desarrollo de las plantas (Cabrera, 1995).

Según Cruz *et al.*, (2012) para elegir un material como sustrato se deben considerar varios aspectos para que el crecimiento de las plantas sea el óptimo. Dentro de los criterios más importantes se encuentran:

- Que posea propiedades físicas, químicas y biológicas adecuadas para el crecimiento.
- Se debe considerar la relación beneficio/costo.
- Disponibilidad en la región o zona.
- Facilidad de manejo o compatibilidad, en el caso de realizar mezclas de materiales.

2.5.4.1 Sustrato orgánico

Los sustratos orgánicos son todos aquellos que por su origen están sujetos a descomposición, es decir, liberan los nutrimentos que estos contengan. Así, las turbas, las cascara de arroz y de trigo, la cascara de almendra, el aserrín, la fibra de coco, la paja de algunos cereales, los troncos triturados, las compost, y aquellos otros que contenga nutrimentos asimilable por la planta (Samperio, 2004).

Los beneficios de los abonos orgánicos son muchos, entre ellos: mejora la actividad biológica del suelo, especialmente con aquellos organismos que

convierten la materia orgánica en nutrientes disponibles para los cultivos; mejora la capacidad del suelo para la absorción y retención de la humedad; aumenta la porosidad de los suelos, lo que facilita el crecimiento radicular de los cultivos; mejora la capacidad de intercambio catiónico del suelo , ayudando a liberar nutrientes para las plantas (Gómez y Vásquez, 2011).

2.5.4.2 Sustratos inorgánicos o inertes

Entre estos sustratos están, antes todo, los origen mineral no metálico, como los derivados de rocas, ya sean grava de rio, arena, tezontle (con una capacidad de retención de humedad de hasta 30 – 40 % de su volumen (Samperio, 2004).

Los sustratos químicamente inertes actúan como soporte de la planta, no interviniendo en el proceso de adsorción y fijación de los nutrientes, por lo que han de ser suministrados mediante la solución fertilizante. Sustratos químicamente inertes son: arena granítica o silíceo, grava, roca volcánica, perlita, arcilla expandida y lana de roca (INFOAGRO, 2017).

En los sustratos considerados prácticamente inertes en cuanto a sus características químicas, el conocimiento de las propiedades físicas es básico para poder mejorar el manejo del suministro de agua y nutrientes a los cultivos, optimizando sus condiciones de crecimiento y minimizando los problemas de contaminación (Bonachela *et al.*, 2008).

2.6 Agricultura orgánica

La Agricultura Orgánica emplea gran variedad de opciones tecnológicas con el empeño de reducir y hacer recuperables los costos de producción, proteger la salud, mejorar la calidad de vida y la calidad del ambiente, a la vez que intensifican

las interacciones biológicas y los procesos naturales beneficiosos. A través de estos sistemas y métodos se trata de minimizar la dependencia del abasto exterior de insumos y optimizar el uso de los recursos propios en la producción, presentándose como un camino mucho más compatible con las realidades edafoclimáticas y socioeconómicas de México (Salazar *et al.*, 2003).

La agricultura orgánica rescata las prácticas tradicionales de producción, pero no descarta los avances tecnológicos no contaminantes, sino más bien los incorpora, adaptándolos a cada situación particular (FAO, 2003).

Los consumidores están cada vez más interesados en el consumo de alimentos inocuos, en especial los degustados en fresco, como las hortalizas, prefiriendo aquellos libres de agroquímicos y con alto valor nutricional, sin deterioro de la armonía con el medio ambiente (Márquez y Cano, 2005).

Una opción para la generación de este tipo de alimentos es la producción orgánica, método agrícola en el que no se utilizan fertilizantes ni plaguicidas sintéticos (Márquez-Hernández *et al.*, 2006).

2.6.1 Importancia de la agricultura orgánica

La agricultura orgánica es un sistema de producción que mantiene y mejora la salud de los suelos, los ecosistemas y las personas. Se basa fundamentalmente en los procesos ecológicos, la biodiversidad y los ciclos adaptados a las condiciones locales, sin usar insumos que tengan efectos adversos. La agricultura orgánica combina tradición, innovación y ciencia para favorecer el medio ambiente que

compartimos y promover relaciones justas y una buena calidad de vida para todos los que participan en ella (IFOAM, 2009).

Según Cabrera y Contreras, (2005) la agricultura orgánica cuyo objetivo fundamental es la obtención de alimentos de máxima calidad. La agricultura orgánica respeta el medio ambiente y ayuda a conservar la fertilidad de la tierra mediante la utilización óptima de los recursos naturales.

2.6.2 Ventajas de la agricultura orgánica

Según SAG (2013) las principales ventajas de la agricultura orgánica son:

- Elevar el potencial productivo de los suelos, generando condiciones para una mayor actividad biológica, mejorando su estructura y perfil químico, además de contribuir a la disminución que conlleva a su erosión. Además, existe un enriquecimiento genético donde interactúan distintas especies animales y vegetales, lo que logra un equilibrio ecológico que permite disminuir el ataque de plagas y enfermedades. Los productos agrícolas presentan mejor post cosecha que tienen mejor calidad nutricional y organoléptica.
- Desde el punto de vista económico, este sistema de producción, presenta como principales ventajas; el mejor precio que se obtiene en el mercado, lo cual sumado a que en ocasiones se puede tener un menor costo del manejo productivo, logrando una mayor rentabilidad. Además, el valor del predio aumenta en la medida que se van mejorando y recuperando sus recursos naturales (suelo, biodiversidad, entre otros).

2.6.3 La agricultura orgánica en el mundo

De acuerdo con Gómez y Gómez. (2004) el dinámico y atractivo mercado de los alimentos orgánicos está estimulando poderosamente la reconversión de la

agricultura convencional a la agricultura orgánica. En el mundo se registran más de 24 millones de hectáreas cultivadas orgánicamente. Entre los países con mayor superficie orgánica cultivada está en primer lugar, Australia, con 10 millones de hectáreas, seguido por Argentina, con casi 3 millones, e Italia con 1.2 millones. A estos países les siguen en importancia, Estados Unidos, Brasil, Uruguay, Gran Bretaña, Alemania, España y Francia.

El mercado de alimentos y productos orgánicos se desarrolla y expande de manera muy acelerada. Ningún otro grupo de productos agropecuarios registra tasas de crecimiento de la producción por arriba de 20% anual y tiene, además, la particularidad de que todavía no puede satisfacer la demanda, como sucede con los de carácter orgánico en Europa, Japón y América del Norte (Gómez *et al.*, 2002).

Hay 37,2 millones de hectáreas de tierras agrícolas orgánicas. Las regiones con las mayores áreas de tierras agrícolas orgánicas son Oceanía (12,2 millones de hectáreas, 33 por ciento de las tierras agrícolas orgánicas del mundo) y Europa (10,6 millones de hectáreas, 29 por ciento). América Latina tiene 6.9 millones de hectáreas (18.4 por ciento) seguidas de Asia (3.7 millones de hectáreas, 10 por ciento), América del Norte (2.8 millones de hectáreas, 7.5 por ciento) y África (1.1 millones de hectáreas, 3 por ciento). Los países con la mayor cantidad de tierras agrícolas orgánicas son Australia (12 millones de hectáreas), Argentina (3,8 millones de hectáreas) y Estados Unidos (1,9 millones de hectáreas) (Willer *et al.*, 2013).

Eguillor (2017) cita que de los 90,6 millones de hectáreas orgánicas certificadas, la mayor superficie corresponde a la dedicada a los cultivos agrícolas, con 50,9 millones de hectáreas, manejadas por unos 2,4 millones de agricultores. En cuanto a los países con mayor superficie orgánica, se destaca en primer lugar Australia, con 22,7 millones de hectáreas, seguida por Argentina, con 3,1 millones,

y Estados Unidos y España, con 2,0 millones de hectáreas cada uno. Los países que le sigue son china, Italia, Francia, Uruguay, India y Alemania.

2.6.4 La agricultura orgánica en México

De acuerdo con SAGARPA. (2016) el país se ubica como cuarto productor mundial de alimentos orgánicos con 2.3 millones de productores y 169 mil hectáreas. En México existe un importante potencial en la producción de alimentos orgánicos con una superficie cercana a 169 mil hectáreas, de las cuales se lleva un avance en su certificación, por parte de empresas autorizadas, de 88.3 mil hectáreas, lo que beneficia a 2.3 millones de productores.

Entre los países que han experimentado un crecimiento en superficie orgánica superior a 25% anual están Argentina, Italia, España, Brasil, México, Finlandia, Gran Bretaña, Dinamarca, Francia y Uruguay (Gómez y Gómez, 2004).

2.7 Biofertilizantes

Los biofertilizantes, también conocidos como bioinoculantes, inoculantes microbianos o inoculantes del suelo, son productos agrobiotecnológicos que contienen microorganismos vivos o latentes (bacterias u hongos, solos o combinados) y que son agregados a los cultivos agrícolas para estimular su crecimiento y productividad. Las raíces del término biofertilizante provienen de las palabras biológicas y fertilizantes, por lo que este vocablo hace referencia a un fertilizante biológico. En este contexto, un biofertilizante contiene microorganismos vivos que mejoran el estatus nutricional de las plantas (INIFAP, 2012).

Los biofertilizantes son preparados de microorganismos aplicados al suelo y/o planta con el fin de sustituir parcial o totalmente la fertilización sintética, así como

disminuir la contaminación generada por los agroquímicos (Armenta-Bojórquez *et al.*, 2010).

El término "biofertilizante" o más apropiadamente a "Inoculantes microbianos" generalmente se puede definir como: preparación sólida o líquida que contiene células vivas o latentes de cepas eficientes de fijación de nitrógeno, fósforo microorganismos, utilizados para aplicación a las semillas, suelo o plantas, con el objetivo de aumentar el número de tales microorganismos y acelerar esos procesos microbianos que aumentan la disponibilidad de nutrientes que pueden ser fácilmente asimilados por las plantas. Biofertilizantes pueden proporcionar un apoyo viable a los agricultores pequeños y marginales para aumentar la productividad. Biofertilizantes son de bajo costo, efectivos y fuente renovable de nutrientes para las plantas y suplementos de fertilizantes químicos (Boraste *et al.*, 2009).

Biofertilizantes favorecen la nutrición de las plantas por medios biológicos e intensifican los recursos microbiológicos del suelo. De esta forma se aumenta la productividad de los cultivos, se reduce la fertilización química y hace más eficiente la nutrición; además de bajar los costos de producción y reducir la contaminación de los suelos y las aguas subterráneas por causa de agroquímicos (Chavarría, 2006).

Los biofertilizantes, son preparados que contienen microorganismos beneficiosos que se utilizan en la agricultura para su aplicación a las semillas, a la planta o al suelo, con el objetivo de incrementar el rendimiento productivo de los cultivos agrícolas (Peña *et al.*, 2015).

2.7.1 Micorrizas

García, (2017) señala que los microorganismos del suelo, como los hongos micorrízicos arbusculares (AMF, del inglés) o las bacterias promotoras del crecimiento (PGPR, del inglés Plant Growth Promoting Rhizobacter) representan la unión clave entre las plantas y los nutrientes minerales del suelo. Por esta razón en los últimos años se está incrementando exponencialmente la importancia de estos tipos de microorganismos en las explotaciones agrícolas, lo que está transformando de forma radical la industria de los fertilizantes, con una sustitución muy importante de los productos químicos por productos biológicos basados en microorganismos, tanto bacterias como hongos.

La palabra micorriza significa hongo-raíz y se usa para definir las asociaciones simbióticas formadas entre los hongos y las raíces de las plantas, en donde ambos simbiosistas, tanto la planta como el hongo, obtienen beneficios de vivir en una estrecha relación de mutua dependencia. Uno de los beneficios más conocidos es el intercambio nutricional, en el que la planta le da al hongo carbohidratos y otras sustancias sintetizadas por la planta y el hongo a la planta agua, nutrientes minerales y orgánicos del suelo y otros sintetizados por el hongo. Además de la mejora nutricional, fisiológica y el consecuente aumento del crecimiento, los hongos micorrízicos aportan muchos más beneficios a las plantas (FENIAAGRO, 2010).

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) son microorganismos rizosféricos, cosmopolitas encontrados en la mayoría de las plantas terrestres, capaces de colonizar el sistema radical y establecer una asociación mutualista o simbiosis con las plantas. Dentro de los beneficios que aporta la simbiosis HMA-planta hospedante, la promoción del crecimiento y mayor nutrición mineral de la planta, tolerancia a patógenos del suelo y a condiciones abióticas adversas. Algunos de los HMA se han utilizado como inoculantes, cuya práctica ha tenido beneficios en la producción agrícola, por lo que pueden ser considerados como un componente biotecnológico importante para el incremento de la productividad hortícola. En

tomate de invernadero, diferentes estudios enfatizaron las ventajas que tiene la inoculación micorrízica al incrementar la nutrición mineral, el tamaño de fruto y el rendimiento (Alvarado *et al.*, 2014).

La función principal de los hongos micorrízicos es facilitarle a la planta la absorción de agua, fósforo (P) y nitrógeno (N), además de mejorar las propiedades fisicoquímicas del suelo y la formación de agregados por medio de la adhesión de partículas debida a una proteína exudada por el micelio llamada glomalina (Ávila-Peralta *et al.*, 2018)

2.7.2 Micorrizas como fertilizante

Una de las alternativas para reducir la aplicación de los fertilizantes minerales en los sistemas de producción agrícola es el empleo de los hongos micorrízicos arbusculares (HMA). Estos hongos habitan los suelos de manera natural y colonizan las raíces de las plantas, estableciendo una simbiosis de tipo mutualista. A través de las hifas intrarradicales y extrarradicales del hongo, se facilita la adquisición de nutrientes minerales hacia las plantas, como Nitrógeno (N), fósforo (P), zinc (Zn) y cobre (Cu). Por otra parte, el hongo se ve favorecido al obtener de 10 a 20% de compuestos de carbono, proveniente de la actividad fotosintética neta realizada por la planta (Salgado-Barreiro *et al.*, 2012).

La inoculación micorrízica produce beneficios en los cultivos tales como: estimulación del enraizamiento y crecimiento de las plántulas, mejora de la supervivencia y desarrollo durante la aclimatación de plantas micropropagadas, reducción de los requerimientos externos en fosfato, incremento de la resistencia de las plantas al ataque de patógenos que afectan la raíz, mejora la tolerancia por estrés abióticos, precocidad en la floración y fructificación, incremento en la producción de frutos y uniformidad en la producción (Usuga, 2008).

La simbiosis micorrízica arbuscular ha demostrado el efecto benéfico de los hongos en el mejoramiento de la nutrición, aprovechamiento de agua, crecimiento y adaptación de las plantas ante diversas condiciones de estrés provocado, tanto, por factores bióticos como abióticos (López-Gómez *et al.*, 2015).

De acuerdo con Jaramillo *et al.*, (2007) beneficios de las micorrizas son:

- Favorecen la absorción de iones poco móviles del suelo, particularmente fosfatos, pero también zinc, cobre y amonio.
- Mayor crecimiento de las plantas, principalmente en suelos con bajo contenido de nutrientes.
- Mayor capacidad de absorción de agua y tolerancia a la sequía.
- Protección contra patógenos radiculares.
- Detoxificación de metales pesados. Estabilización de agregados de partículas del suelo.
- Estimulación de otros microorganismos simbióticos integrantes de la comunidad rizosférica.

El uso de AMF en intervenciones agrícolas tiene el potencial de beneficiarse no solo la salud de los cultivos sino también la salud del suelo en sí, especialmente en el contexto de la agricultura sostenible (Podeszfinski *et al.*, 2002).

2.8 Usos y beneficio de la composta

La composta sirve como aporte de nutrientes para el cultivo, pero también genera otros beneficios; ya que mejora la calidad del suelo debido a que fomenta la formación de agregados, mejorando la estructura de cualquier tipo de suelo y tiene efecto sobre otras características del suelo como son: incrementar la CIC, la

capacidad de retención de humedad, la aireación, las poblaciones de microorganismos, etcétera. Todo lo anterior se refleja en un mejor desarrollo del cultivo (Cruz, 2005).

De acuerdo con Cruz, (2005) la composta se puede utilizar de varias formas:

- Distribuyéndola sobre la superficie del suelo y alrededor de las plantas, ya sean flores o árboles, se ponen de 1 a 2 pulgadas sobre la zona de goteo.
- Para arropar el césped se criba la composta con malla de 0.5 pulgadas y se mezcla con arena fina a partes iguales, distribuyéndola sobre el césped.
- Para enmendar la tierra cultivable antes de sembrar. Se puede tirar al voleo, o también se puede tirar sobre la línea de siembra antes de sembrar, para que la semilla quede arriba de la composta. Una vez terminado el ciclo de cultivo se incorporara al terreno con las siguientes labores.
- Para preparar substratos para producción de plántulas. La recomendación para usarla como substrato es que se tiene que mezclar con otros materiales; ya que sola puede inhibir la germinación de algunas semillas.

2.9 Vermicompostaje

Según Cruz, (2005) es el proceso en el cual se utiliza la lombriz de tierra para la transformación de residuos orgánicos, principalmente estiércoles en abonos orgánicos para utilizarlos en los cultivos. La especie de lombriz que se utiliza, es la roja californiana *Eisenia foetida*, es una especie domesticada que se reproduce rápidamente, alcanzando en poco tiempo altas densidades de población, además su manejo es muy fácil. Los abonos orgánicos que se obtienen son humus líquido y lombricomposta. Que se pueden aplicar en los cultivos libremente ya que con este tipo de abonos es muy difícil causar intoxicación por exceso.

El vermicompostaje es un proceso ecotecnológico de bajo costo que permite la biooxidación, degradación y estabilización de residuos orgánicos por la acción conjunta de lombrices y microorganismos, del cual se obtiene la vermicomposta, un producto final estabilizado, homogéneo y de granulometría fina. Este proceso tecnológico eficiente puede convertir residuos orgánicos en productos de valor agregado para las prácticas de restauración ecológica y programas de fertilidad del suelo (Villegas-Cornelio y Laines, 2017).

Los residuos orgánicos procesados por la lombriz, cuyo producto final es denominado “vermicompost”, tiene reducidas cantidades de sales solubles, mayor capacidad de intercambio catiónico, y un elevado contenido de ácidos húmicos totales. Por su parte, el té de vermicompost (TVC), solución resultante de la fermentación aerobia de VC en agua de la llave, contiene niveles altos de microorganismos benéficos, ácidos húmicos y fúlvicos, reguladores de crecimiento y elementos minerales (Teresa, 2014).

2.10 Té de vermicompost

El té de compost es el extracto soluble en agua obtenido a partir del compost. Se trata de un sistema para extraer del compost los compuestos que sean solubles en agua y adicionalmente microorganismos. Este sistema es similar al que se emplea para hacer una infusión de hierbas o un té para tomar, solo que se emplea agua fría, y aunque limpia, no necesariamente potable (FAO, 2013).

La utilización de materiales orgánicos líquidos es una alternativa para satisfacer la demanda nutrimental de los cultivos, disminuir los costos de producción y la dependencia de los fertilizantes minerales. La aplicación del té de humus o vermicompost es un extracto acuoso de alta calidad biológica que se consigue por una fermentación aeróbica del vermicompost y es producido al mezclar

vermicompost con agua. Los nutrientes solubles en el té son absorbidos por la planta y al mismo tiempo favorecen el desarrollo de los microorganismos benéficos que permiten suprimir enfermedades en los cultivos, por lo que las plantas son más sanas y se reduce la aplicación de fertilizantes minerales. Los tés permiten la desintoxicación del suelo, hace más fácil el crecimiento de las plantas (González *et al.*, 2013).

Los tés de compost y lixiviados de vermicompost son abonos líquidos que se aplican por aspersión foliar o al suelo, y han sido utilizados con éxito en el combate de algunas enfermedades de plantas. El té de compost es una infusión preparada a base de compost o vermicompost y agua, en una proporción que varía de 1:3 a 1:200 y que se incuba por un periodo de tiempo definido. El té se puede producir de forma anaeróbica o aeróbica, esta última mediante el burbujeo continuo de aire (Zamora *et al.*, 2017).

2.10.1 Contenido del té de vermicompost

Los compuestos presentes en el té de compost incluyen sustancias orgánicas que han sido producidas por los microorganismos durante el proceso de elaboración del té. Esto es por ejemplo, ácidos orgánicos, aminoácidos y azúcares, entre otros. Igualmente contiene elementos inorgánicos solubles como N, P, K, entre otros, que contribuyen a la nutrición de los microorganismos y de las plantas una vez sea aplicado en un sistema agrícola. Así mismo, contiene una alta concentración y variedad de microorganismos benéficos del grupo de las bacterias, hongos y nematodos que en los sistemas agrícolas, contribuyen a prevenir enfermedades, aumentar la disponibilidad de elementos nutricionales y estimular el crecimiento vegetal (FAO, 2013).

2.11 Labores culturales

Se entiende por “labores culturales”, a todas las operaciones que se ejecutan desde antes de la siembra en un campo de cultivo con la finalidad de llegar a una meta apropiada, que es la cosecha. Estas labores deben ser siempre ejecutadas en su oportunidad, con las mayores perfecciones posibles, es decir eficientes y eficaces, a fin de lograr resultados con una rentabilidad que genere utilidades significativas. En este texto se desarrollan las labores culturales esenciales y complementarias (Cerna, 2007).

2.11.1 Poda

La poda es la práctica de remover cualquier tipo de estructura de la planta. El principal objetivo de las podas es balancear el crecimiento reproductivo y vegetativo, permitiendo que los fotoasimilados se canalicen hacia los frutos, pero también tiene otros beneficios principalmente de tipo fitosanitario (Escobar y Lee, 2009).

Poda de formación. Mediante esta poda se decide el número de tallos que va a tener la planta. Lo aconsejable para variedades de crecimiento indeterminado es la poda a un solo tallo, ya que la planta es más vigorosa y se facilita su tutorado y manejo. En caso de que se tome la decisión de dejar dos tallos en la planta, se deben escoger los dos tallos más vigorosos. El tallo más vigoroso es el principal y el segundo tallo es aquél que aparece inmediatamente por debajo de la primera inflorescencia (Escobar y Lee, 2009).

Poda de formación de un tallo, al objeto de conseguir precocidad para obtener los primeros frutos lo antes posible. Poda de formación con dos tallo, es un

tipo de poda recomendado sólo cuando los suelos son muy fértiles, con variedades de mucho vigor y con marcos de plantación muy amplios (Reche, 1998).

Se realiza a los 15-20 días del trasplante con la aparición de los primeros tallos laterales, que serán eliminados, al igual que las hojas más viejas, mejorando así la aireación del cuello y facilitando la realización del aporcado. Así mismo, en este momento se determinará el número de tallo a dejar por planta, normalmente se deja un tallo principal para conseguir un mayor tamaño de fruto, pero en ciertas ocasiones se dejan dos, como cuando se emplea portainjertos o con cultivos de elevada densidad en primavera con variedades sin tolerancia a virosis, o en los tipos Cherry (MAPAMA, 2008).

Deshojado. Es la operación mediante la cual se eliminan las hojas basales, con lo que se logra: mejorar el movimiento del aire, reducir la incidencia de enfermedades, descubrir los frutos, acelerar la maduración y facilitar la cosecha. Dado que las hojas cumplen un ciclo desde desarrollo hasta que las hojas superiores interceptan mayor cantidad de luz incidente y el follaje inferior declina en su actividad fotosintética y envejece, se tendrá en cuenta el momento de eliminar el follaje. El racimo es alimentado por las hojas ubicadas inmediatamente por debajo y encima de éste, por lo tanto la defoliación se hará en el momento que ha completado el crecimiento de los frutos de ese racimo (Adlercreutz *et al.*, 2013).

Poda de brotes. Consiste en la eliminación de los brotes que nacen en las axilas de las hojas y el tallo. Éstos se deben quitar cuando son pequeños para evitar pérdidas de carbohidratos que tienen como destino el desarrollo de frutos. En cultivares de hábito de crecimiento indeterminado, la conducción se realiza a un solo tallo; esta operación se realizará quebrándolo; no es aconsejable cortar con uña, cuchillo o tijera para evitar la transmisión de enfermedades (virus, bacterias, etc.) de plantas enfermas a las sanas. En cultivares de crecimiento determinado, se

pueden dejar dos o más tallos, para lo cual es necesario dejar además del tallo principal, tantos brotes axilares como tallos quiera (Adlercreutz *et al.*, 2013).

Poda apical. Consiste en la eliminación del ápice de crecimiento de la planta. El efecto de la poda apical se traduce en mayor rendimiento y un incremento en el tamaño de los frutos que permanecen en la planta ya que parte de la energía destinada al crecimiento apical y producción de nuevos frutos es destinado a los frutos remanentes. Para determinar el momento del “decapitado” se deberá calcular el tiempo que transcurrirá para la maduración del último racimo que permanece en la planta (Adlercreutz *et al.*, 2013).

2.11.2 Tutorado

Durante el periodo de mayor crecimiento de la planta de jitomate en la fase vegetativa, el tallo es herbáceo, y conforme madura se torna leñoso, pero aun así, es incapaz de soportar su propio peso, por lo que es necesario tutorar a la planta para obtener la máxima producción en el mínimo espacio posible. El tutorado en las unidades de producción consta de una trama de alambre o cable sujeta a la estructura, generalmente a la altura de las canaletas (tres o cuatro metros sobre el nivel del suelo), a lo largo de las hileras de plantación se disponen dos alambres o cables de carga en los cuales se cuelgan carretes, ganchos o rafia para sujetar (tutorar) individualmente a cada planta (Bustamante *et al.*, 2013).

El tutorado consiste en guiar verticalmente las plantas a lo largo de una cuerda de plástico o de tela que va desde la base de la planta (tercera o cuarta hoja) hasta un alambre ubicado directamente sobre las plantas a 2,5 a 3,0 metros de altura y tendido en el mismo sentido del surco. Para sostener la planta a lo largo de la cuerda se pueden usar abrazaderas de plástico, las cuales se anillan al tallo por debajo del pecíolo de una hoja completamente desarrollada y resistente. También

se puede tutorar la planta enrollándola a la cuerda, en el sentido de las manecillas del reloj, cada 2 o 3 hojas o una vuelta por cada racimo. Se debe tratar de hacer esta labor sin maltratar a las plantas, es decir, no envolverlas más de lo necesario y no estrangularlas (Escobar y Lee, 2009).

2.11.3 Polinización

La planta del tomate es “autopolinizadora”, por lo cual no se requiere de polinización cruzada. Los tomates son polinizados normalmente por el viento cuando crecen al aire libre. En cambio, en los invernaderos, el movimiento de aire es insuficiente para que las flores se polinicen por sí mismas, siendo necesaria la vibración de los racimos florales para obtener una buena polinización. En los cultivos bajo invernadero, los productores hacen una vibración de la planta golpeando el sistema de tutorado (Escobar y Lee, 2009).

Las flores de tomate tienen la parte femenina y la parte masculina en cada flor. Botánicamente, estas son “llamadas” flores perfectas. Los resultados de una polinización pobre pueden ser: fruta deforme si las semillas no se desarrollaron uniformemente con la fruta, fruta más chica, frutas con lomos en la parte superior. La óptima temperatura para la polinización es de 70 °F a 82 °F. La humedad óptima relativa es del 70 por ciento. En condiciones ideales, la fertilización ocurre 48 horas después de la polinización (Oyorzaval, 2012).

2.12 Principales plagas y enfermedades

De acuerdo con FAO, (213) las Plagas en el Cultivo de Tomate son: Mosca Blanca, Pulgón verde del duraznero, Pulgón del algodón, Trips. Ácaro Rayado o Arañuela roja, Ácaro del bronceado del tomate, Palomilla del tomate, Perforador del

fruto de tomate, Oruga de la hoja, Gusano del Fruto, Gusano del Brote, Oruga militar verdadera, Oruga medidora, Minador de la hoja. Nematodo agallador.

Enfermedades Causadas por Hongos. Mal de los almácigos o Damping, Moho gris, Moho de las hojas, Tizón temprano, Tizón tardío, Podredumbre del tallo y raíz, Podredumbre húmeda del tallo, Mancha gris de la hoja, Antracnosis, Viruela. Enfermedades Causadas por Bacterias: Cancro bacteriano, Mancha bacteriana, Peca bacteriana, Necrosis de la médula o tallo hueco, Marchitamiento bacteriano, Podredumbre blanda del tallo. Enfermedades Causadas por Virus: Peste negra, Mosaico, Virus de la cuchara (FAO, 2013).

2.13 Control de plagas

Según Cisneros, (1995) el control de una plaga consiste en mantener la densidad de su población debajo del nivel en el cual comienza a causar perjuicio económico. Por Método de Control de Plagas se entiende en esta publicación, todo sistema natural o artificial que da como resultado la prevención, represión, contención, destrucción o exclusión de una plaga. Esta definición incluye tanto los conceptos de lucha como las medidas profilácticas que protegen las cosechas contra las plagas. Estrategia tiene una connotación más amplia que método de control y se refiere al enfoque general para resolver un problema de plagas, pudiendo incluir varios métodos.

2.12.1 Control etológico

Etología es el estudio del comportamiento de los animales en relación con el medioambiente. De modo que por Control Etológico de plagas se entiende la utilización de métodos de represión que aprovechan las reacciones de comportamiento de los insectos. El comportamiento está determinado por la

respuesta de los insectos a la presencia u ocurrencia de estímulos que son predominantemente de naturaleza química, aunque también hay estímulos físicos y mecánicos (Cisneros, 1995).

De acuerdo con Jaramillo *et al.*, (2007) por control etológico se entiende la utilización de métodos de represión de plagas que, de alguna manera, se valen de las reacciones de comportamiento de los insectos. Estos métodos incluyen las feromonas sexuales, atrayentes, cebos, repelentes y antiapetitivos o inhibidores de alimentación.

2.12.2 Control cultural

El control cultural hace uso de prácticas agronómicas rutinarias para crear un agroecosistema adverso al desarrollo y a la supervivencia de las plagas o para hacer el cultivo menos susceptible a su ataque. Su uso se realiza generalmente de manera preventiva, tiene un efecto extendido en el tiempo, no implica el aumento de los costos de producción, no causa contaminación y es compatible con otros tipos de control (Jaramillo *et al.*, 2007).

Son las prácticas de cultivo que pueden ser empleadas de manera que se creen condiciones desfavorables al desarrollo de la plaga, y favorables al desarrollo del cultivo ejemplo: Preparación de suelo, ajuste de fechas de siembra, rotación de cultivos, eliminación de malezas (hospedantes), actividades sanitarias, etc. El desarrollo de variedades resistentes constituye un elemento importante para el control, pero resulta muy costoso y se requiere de mucho tiempo para su obtención (Jiménez, 2009).

2.12.3 Control biológico

Consiste en la acción de enemigos naturales contra plagas y malas hierbas; sobre todo el uso de depredadores, insectos parásitos, hongos, bacterias y virus, nematodos. Este control resulta particularmente exitoso contra plagas importadas, trayendo su enemigo natural desde su lugar de origen. Muchos de estos enemigos naturales han sido manipulados, y en la actualidad se usan como formulados listos para ser aplicados (Jiménez, 2009).

Una plaga para los productores es una población de animales que se alimentan de los tejidos de las plantas de cultivo 'fitófagos' llegando a producir un daño económico. Frente a las plagas tenemos a los organismos vivos capaces de controlarlas y que llamamos enemigos naturales o fauna auxiliar. Tenemos dos grupos de enemigos naturales los depredadores y los parasitoides. Ambos grupos se utilizan de forma importante en el control de plagas que es el llamado control biológico (Biurrun *et al.*, 2012).

2.12.4 Control químico

Según Jiménez, (2009) el uso de plaguicidas se ha convertido en el método de control más común debido a su rapidez y efectividad en el control de plagas, enfermedades y malezas, sin embargo estos traen complicaciones ambientales, agroecológicas y sobre la salud, entre estos tenemos: aumento de los problemas de resistencia, contaminación del ambiente, intoxicaciones agudas y crónicas.

Es el uso de plaguicidas (insecticidas, fungicidas, herbicidas y nematocidas). Es un método que, en ocasiones, genera abuso y dependencia por su alta eficacia y facilidad de uso. Además de su uso racional, y según los parámetros de Buenas Prácticas Agrícolas, se recomienda la utilización únicamente de productos químicos de baja toxicidad, categoría III y IV (Jaramillo *et al.*, 2007).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización de la Comarca Lagunera

La Región Lagunera, se localiza en la parte central de la porción norte de México, entre los meridianos $102^{\circ}22'$ y $104^{\circ}47'$ longitud Oeste, y los paralelos $24^{\circ}22'$ y $26^{\circ}23'$ latitud norte. A una altitud media de 1,139 metros sobre el nivel mar. Cuenta con una extensión montañosa y una superficie plana donde se localizan las áreas agrícolas, así como las áreas urbanas. La Región está conformada por 10 municipios del Estado de Durango y 5 del Estado de Coahuila.

3.2 Localización del sitio experimental

El experimento se realizó en el invernadero del departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – unidad laguna, localizada en periférico y carretera Santa Fe Km. 1.5 de la ciudad de Torreón, Coahuila. La universidad se encuentra ubicada en la comarca lagunera que se localiza en la parte central de la porción norte México. Entre los meridianos 101°40' y 104° 45' longitud. Oeste, y 25°05' y 26°54' latitud. Norte. Esta región tiene una altura de 1,139 msnm. La región cuenta con una extensión montañosa y una superficie plana donde se localizan las tres áreas agrícolas, así como las áreas urbanas. La temperatura promedio en los últimos 10 años es de una máxima de 28.8 °C, una mínima de 11.68 °C y una temperatura media de 19.98 °C (CNA, 2002).

3.3 Condiciones del invernadero

El experimento se llevó a cabo en un invernadero es semicircular, con estructura completamente metálica cubierta con una película plástica de polietileno. El interior del invernadero posee un sistema de enfriamiento que consta de una pared húmeda, seis ventiladores y un par de extractores, en conjunto hace recircular aire manteniendo una temperatura ideal para el cultivo. La superficie del invernadero es aproximadamente es de 180 m².

3.5 Materiales de micorrizas

Se utilizó *Rhizophagus intraradices* empleado para este experimento.

3.6 Diseño experimental

Se utilizara un diseño experimental completamente al azar, cuatro tratamientos incluyendo el testigo, con diez repeticiones cada uno, donde la unidad experimental consiste en una maceta con una planta. El sustrato para los tratamientos se conformó con 90% de arena y el 10% de perlita. Los tratamientos evaluados se describen en el cuadro 3.

Cuadro 3. Descripción de tratamientos en base a los biofertilizantes en la prouctividad de tomate bajo cubierta.

Tratamiento	Té de vermicompost	Micorrizas (g) /10 l de agua	Sustrato
1	Si	-----	90% arena y 10% de perlita
2	Si	1.5	90% arena y 10% de perlita
3	Si	2.0	90% arena y 10% de perlita
4	Si	2.5	90% arena y 10% de perlita

Los resultados obtenidos se analizarán mediante la comparación de medias se utilizara el método de Tukey.

Para obtener los porcentajes de micorrizas se diluyeron los gramos de cada tratamiento en 10 litro de agua y se aplicó 1 litro por maceta. La fertilización a base de micorrizas se realizó en tres etapas fenológicas del cultivo, trasplante, floración y fruto (diez días antes de cosechar el fruto).

3.7 Material vegetativa

El híbrido evaluado de tomate tipo bola fue Var IL 7046 F₁

3.8 Siembra de semilla y trasplante

La siembra se realizó en charolas de germinación de 200 cavidades, el sustrato para germinación que se utilizó fue Peat Most. Una vez que la plántula alcanzó 10 a 15 cm de altura y 3 a 4 hojas verdaderas, se trasplantó en bolsas de plástico negro con una capacidad de 10 kilogramos. Los sustratos fueron previamente tratados con una mezcla de agua y fungicida 1ml por litro de agua, para su desinfección.

El llenado de macetas para el sustrato de las plantas de tomate se realizó llenando la maceta con la mezcla de sustratos, la cual fue igual para los cuatro tratamientos, utilizando 90% de arena y 10 % de perlita.

Después del trasplante a la maceta, durante una semana, se fertilizó con solución nutritiva Steiner con el objetivo de promover el crecimiento del sistema radicular en los cuatro tratamientos.

3.12.2 Fertilización inorgánica

Esta fertilización a base de Steiner se manejó para los cuatro tratamientos durante una semana, esto para promover el crecimiento radicular de la planta.

Cuadro 4. Preparación del Steiner

Fórmula	Fertilizante	Para generar 200 litros de agua
Ca (NO ₃)	Nitrato de calcio	46.36 g
KNO ₃	Nitrato de potasio	144.57g
MgNO ₄	Nitrato de magnesio	54.49g
MgSO ₄	Sulfato de magnesio	42.944g
H ₃ PO ₄	Ácido fosfórico	13 .4 ml

3.12.3 Té vermicompost

Esta fertilización se manejó para los cuatro tratamientos, este extracto se preparaba cada cinco días, los posos de su preparación se describen a continuación:

En un tambo de 200 l de agua, con una bomba (para peceras) se oxigena durante 12 a 24 horas.

Se pesan 10 kg de vermicompost, se criban para separar componentes grandes de la misma compost. Posteriormente en una cubeta de 20 litros se pone agua hasta la mitad, se introduce la bolsa con la vermicompost de 2 a 3 veces con la finalidad de eliminar sales.

Se tritura 40 g de piloncillo o melaza y se agrega al tambo con agua oxigenándose, se agita para mezclar y se cuelga la bolsa procurando que quede a la mitad del tambo, se colocan a cada lado de la bolsa las manqueras de oxigenación.

Se mide la conductividad eléctrica y se agrega agua para estabilizarla en la lectura deseada, se mide el pH y se agrega ácido cítrico y agitando hasta llegar a un rango de 5.5 a 6.5. Se oxigena nuevamente durante otras 12 a 24 horas y luego se aplica.

3.13 Labores de cultivo

3.13.1 Poda

Las plantas se guiaron a un solo tallo, eliminando los brotes axilares, esta práctica se realizó cuidando no eliminar el brote apical, ya que esto terminaría el crecimiento de la planta y/o se detendrá la continuidad de la misma. Esta técnica es conocida como “desmamoneo” que se realizó hasta el final del ciclo de cultivo.

También se eliminaron las hojas, durante en el periodo de la fructificación, que estaban por debajo del último racimo y las hojas secas.

3.13.2 Tutorado

Las plantas fueron conducidas mediante una rafia cuando alcanzó una altura aproximada de 30 cm. Esto con la finalidad de mantener la planta erguida y evitar que las hojas y frutos se pongan en contacto con el suelo y tener un mejor manejo

en la control de plagas y enfermedades, fertilización, polinización y evitar estrés a las plantas.

3.13.3 Polinización

Al inicio de la floración se procedía a la polinización, se llevó acabo de manera manual, sacudiendo suavemente la planta, durante la mañana y en la tarde. Esta práctica se realizó diariamente para tener una mejor fecundación, y por ende, una mejor y mayor cosecha.

3.14 Control de plagas y enfermedades

Al inicio de la producción no se hicieron aplicaciones para control de plagas y/ o enfermedades, solo se mantuvo con una buena inocuidad dentro del invernadero, para identificar cualquier daño se realizaron revisiones visuales de la planta, para llevar un control más eficiente.

La plaga que se presentó durante el desarrollo del cultivo fue la mosquita blanca (*Bemisia argentifolli*), la cual se controló con aplicaciones de insecticidas como: Beleaf, Permetrina y Glifosato. Se administró 1ml/1L agua, en el caso de Beleaf es 1g/1L agua.

3.15 Cosecha

La cosecha se realizó a medida que el fruto alcanzo su madurez fisiológica, el criterio de cosecha fue determinado por el cambio de color, cuando el fruto empezaba a tomar un color rojizo, ya que cuando el fruto alcanza el color rojo, no es recomendable, por que consume una gran cantidad de energía, la cual pude ser utilizada en otras estructuras de la planta o bien en otros frutos.

3.16 Variables evaluados

Las variables evaluadas fueron: altura de la planta, número de frutos, peso de los frutos, diámetro ecuatorial y polar, grosor de pulpa, sólidos solubles totales (°Brix) y peso fresco.

- Altura de planta, se medirá el crecimiento de la planta con un flexómetro se registrara en centímetros.
- Para el peso del fruto se utilizó una báscula digital, se registrara en gramos.
- EL diámetro ecuatorial y diámetro polar, se utilizó un vernier y se registrara en cm.
- Grosor de pulpa se midió con una regla milimétrica y se tomara en cm.
- Los sólidos solubles totales (Grados Brix) se medían colocando unas gotas del jugo del fruto en el refractómetro y tomando la lectura.
- Peso fresco, se separa raíz, tallo y hoja, para esta variable se pesara con una balanza digital y se registrara en gramos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Altura de la planta

Para la variable altura de planta el análisis estadístico no determinó diferencia significativa entre tratamientos.

El mayor valor numérico de altura de planta lo presentó el tratamiento T₂, (Té vermicompost + 1.5 g de micorrizas) con 161.9 cm, mientras que el tratamiento que presento el menor valor en altura fue el T₃ (Té vermicompost + 2.0 g de micorrizas) con 140 cm. Obteniendo una media general para altura de planta de 148.12 cm. Como puede observarse en la figura 1.

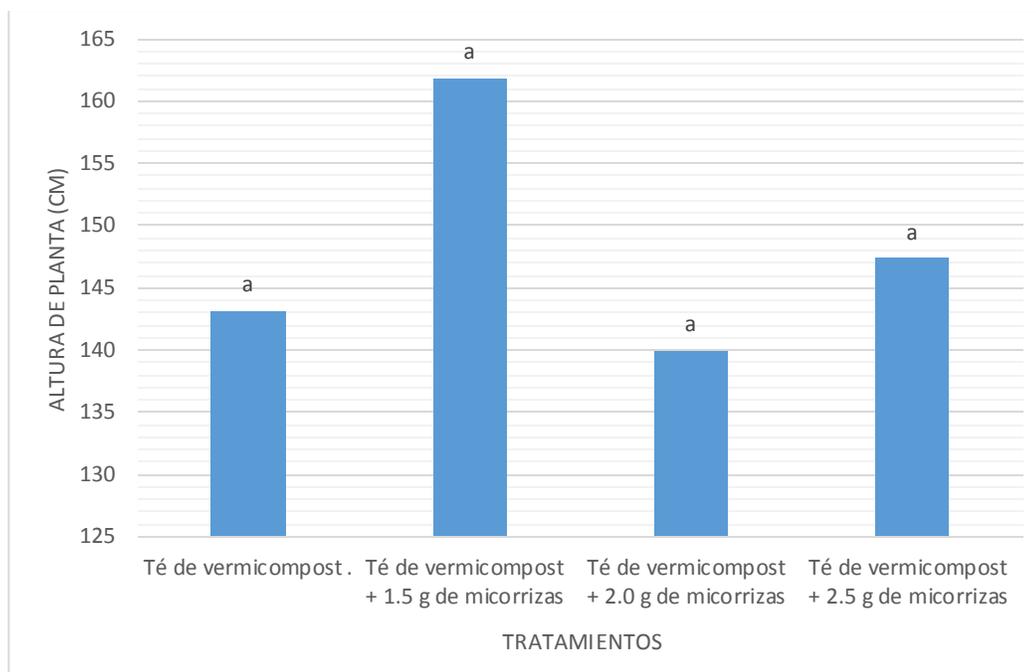


Figura 1. Variable altura de plantas (cm) resultado de la evaluación de té de vermicompost y micorrizas en la productividad de tomate bajo cubierta.

Vázquez *et al.*, (2015) al evaluar el té de composta en el crecimiento y producción de tomate, señalan que para la variable altura de planta existe diferencia significativa entre los tratamientos, a una concentración de 40% de té de composta, obteniendo una media de 4.79 m, lo cual no concuerda con lo obtenido en el presente trabajo, esto se debe los diferentes porcentajes de dilución del té composta.

Charles y Martín (2015) al evaluar el uso y manejo de hongos micorrízicos más humus de lombriz y HMA bajo sistema protegido, los resultados mostraron que la aplicación de HMA, fue más eficiente que el humus de lombriz al 25 % de la dosis de fertilizante mineral se comprobó que se puede reducir la dosis de fertilizante mineral manteniendo el aporte del humus y los HMA.

Ley-Rivas *et al.*, (2015) al evaluar la misma cepa de micorrizas reportó que no presenta diferencias significativa entre los tratamientos a los 90 y 120 días del cultivo con el testigo, teniendo un valor de 85.9 cm, lo cual no concuerda con los resultados obtenidos en este presente trabajo, ya que fue superado.

4.3 Calidad de fruto

4.3.1 Número de frutos

Para la variable número de fruto el análisis estadístico determinó que hay diferencia significativa entre tratamientos, esto se presentó en la segunda cosecha

El mayor número de frutos lo presentó el tratamiento T₄, Té de vermicompost + 2.5 g de micorrizas, en la segunda cosecha, con un valor de 4.80 frutos, mientras que el T₁ (testigo) Té de vermicompost, presentó el menor valor con 2.80 frutos, para esta variable. Obteniendo un promedio general de 3.30 frutos en las cuatro cosechas evaluadas, como se puede observar en el cuadro 5.

Cuadro 5. Variable número de frutos resultado de la evaluación té de vermicompost y micorrizas en la productividad de tomate bajo cubierta.

Tratamiento	Cosecha			
	1	2	3	4
Té de vermicompost (Testigo)	3.80 a	2.80 b	3.00 a	2.80 a
Té de vermicompost + 1.5 g de micorrizas.	3.40 a	3.00 b	3.00 a	2.60 a

Té de vermicompost + 2.0 g de micorrizas.	3.80 a	3.20 b	3.40 a	2.80 a
Té de vermicompost + 2.5 g de micorrizas.	4.20 a	4.80 a	3.40 a	2.80 a

Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas $p < 0,05$.

Vázquez *et al.*, (2015) al evaluar el efecto del té de composta en el crecimiento y producción de tomate, con respecto a la variable número de fruto por planta, señalan que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, presentando valores de la media de tratamiento de té composta entre 24.8 y 29.1 frutos por planta, lo cual no concuerda con los resultados obtenidos en el presente trabajo.

Los resultados obtenidos en este trabajo son diferentes a los reportados por Ley-Rivas *et al.*, (2015) quien evaluó el efecto de cuatro especies de hongos micorrizógenos en la producción de tomate, en número de fruto, *Glomus intraradices* presentó una media de 6.8, lo cual concuerda con lo obtenido ya que hay diferencia significativas entre tratamientos, como se puede observar en el cuadro 5.

4.3.2 Peso de fruto

Para la variable peso de fruto (g) se evaluaron cuatro cosechas, el análisis estadístico no determinó diferencia significativo entre tratamientos.

El mayor valor numérico en las cuatro cosechas realizadas de peso de fruto lo presentó el tratamiento T₄, (Té de vermicompost + 2.5 g de micorrizas), un valor de 363.15 g, mientras el que mostró menor peso fue el tratamiento T₁ (testigo) Té

de vermicompost, con un promedio de 266.8 g obteniendo un promedio general de 297.2 g peso de fruto en las cuatro cosechas evaluadas, como se puede observar en el cuadro 6.

Cuadro 6. Variable peso de fruto (g) resultado de la evaluación de té de vermicompost y micorrizas en la productividad de tomate bajo cubierta.

Tratamiento	Cosecha			
	1	2	3	4
Té de vermicompost (Testigo)	463.20 a	251.00 a	200.00 a	153.00 a
Té de vermicompost + 1.5 g de micorrizas.	446.40 a	259.00 a	202.20 a	181.00 a
Té de vermicompost + 2.0 g de micorrizas.	428.40 a	320.00 a	224.40 a	174.00 a
Té de vermicompost + 2.5 g de micorrizas.	529.80 a	421.80 a	300.00 a	201.00 a

Letras iguales indican diferencias estadísticamente no significativas $p < 0,05$.

Rodríguez *et al.*, (2015) al estudiar el uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero, en la cual obtuvo una media de 209.0 Mg, lo cual no concuerda con los resultados obtenidos, ya que en el presente trabajo no se determinó diferencia significativa entre tratamientos, sin embargo el promedio general de peso de fruto es mayor, con 297.2 g como se puede observar en el cuadro 6.

Ley-Rivas *et al.*, (2015) al analizar el efecto de cuatro especies de hongos micorrizógenos, menciona que a los 90 días los tratamientos presentaron pesos superiores al testigo, con un valor de 58.7 g, y a los 120 días con una media de 131.8 g, lo cual no concuerda con los resultados obtenidos, ya que en el presente

trabajo no se determinó diferencia significativa entre tratamientos, sin embargo el promedio peso de fruto es mayor, con 297.2 g, esto depende del tipo de sepas de micorrizas que se ocupe.

Cristóbal *et al.*, (2010) al evaluar el efecto de la aplicación del hongo micorrízico arbuscular *Glumus intraradices* en plantas de tomate, lo cual no obtuvo diferencia significativas para la variable peso de fruto, obteniendo una media de 225 g, lo cual concuerda con los resultados obtenidos, ya que en el presente trabajo no se determinó diferencia significativa entre tratamientos, sin embargo el promedio peso de fruto es mayor, con 297.2 g.

4.3.3 Diámetro ecuatorial

Para esta variable diámetro ecuatorial el análisis estadístico determinó que no se encontró diferencia significativa entre tratamientos.

El mayor valor numérico de diámetro ecuatorial lo presentó el tratamiento T₂, (Té de vermicompost + 1.5 g de micorrizas) con un valor 7.00 cm, por lo contrario el que presentó menor diámetro ecuatorial fue el tratamiento T₁ (Testigo) Té de vermicompost, con un promedio de 4.49 cm. Obteniendo un promedio general de 5.7 cm de diámetro ecuatorial en las cuatro cosechas evaluadas, como se puede observar en el cuadro 7.

Cuadro 7. Variable diámetro ecuatorial (cm) resultado de la evaluación de té de vermicompost y micorrizas en la productividad de tomate bajo cubierta.

Tratamiento	Cosecha			
	1	2	3	4
Té de vermicompost (Testigo)	6.79 a	6.17 a	4.76 a	4.49 a

Té de vermicompost + 1.5 g de micorrizas.	7.00 a	5.63 a	5.16 a	4.86 a
Té de vermicompost + 2.0 g de micorrizas.	6.47 a	5.86 a	5.09 a	4.71 a
Té de vermicompost + 2.5 g de micorrizas.	6.89 a	5.74 a	5.71 a	4.96 a

Letras iguales indican diferencias estadísticamente no significativas $p < 0,05$.

Para esta variable Ochoa-Martínez *et al.*, (2008) al evaluar Té de composta como fertilizante orgánico en la producción tomate, reporta un diámetro ecuatorial de 73 y 74 mm, al utilizar Té de composta en sustrato de arena y Té de composta diluido, en una relación té: agua (1:3), aplicado en un sustrato de arena + composta en proporción 1:1 en volumen, resultado que difiere del promedio general de diámetro ecuatorial de 5.7 cm, obtenido en el presente trabajo.

En cuanto en esta variable de diámetro ecuatorial, los resultados demuestran cierta similitud con el presente trabajo con los obtenidos por Alvarado *et al.*, (2014) al evaluar la inoculación con *Rhizophagus intraradices* en agricultura protegida, quien obtiene una media de 56.6 mm de diámetro ecuatorial.

Rodríguez *et al.*, (2009) al evaluar el uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero, donde aplicaron una diferente fertilización, con 0.5 L de té a cada maceta sin diluir, mientras que para el otro, se aplicó té y se diluyó a una proporción de 1:3 utilizando 1 L de té de compost por cada 3 L de agua, de esta mezcla se aplicó 1 L por bolsa, obtuvieron una media de 7.3 – 6.9 cm, resultado que difiere del promedio general de diámetro ecuatorial de 5.7 cm, obtenido en el presente trabajo.

4.3.4 Diámetro polar

Para esta variable diámetro polar, el análisis estadístico determinó que no se encontró diferencia significativa entre tratamientos.

El mayor valor numérico de diámetro polar lo presentó el tratamiento T₂, (Té de vermicompost + 1.5 g de micorrizas), con un valor de 6.59 cm, por lo contrario el que presento menor diámetro polar fue el tratamiento T₁ (Testigo) Té de vermicompost, con 4.08 cm. Obteniendo un promedio general de 5.15 cm diámetro polar en las cuatro cosechas evaluadas, como se pude observar en el cuadro 8.

Cuadro 8. Variable diámetro polar (cm) resultado de la evaluación de té de vermicompost y micorrizas en la productividad de tomate bajo cubierta.

Tratamiento	Cosecha			
	1	2	3	4
Té de vermicompost (Testigo)	6.32 a	5.68 a	4.48 a	4.08 a
Té de vermicompost + 1.5 g de micorrizas.	6.59 a	5.20 a	4.56 a	4.18 a
Té de vermicompost + 2.0 g de micorrizas.	6.32 a	5.34 a	4.48 a	4.12 a
Té de vermicompost + 2.5 g de micorrizas.	6.19 a	5.24 a	5.13 a	4.61 a

Letras iguales indican diferencias estadísticamente no significativas $p < 0,05$.

Vázquez *et al.*, (2015) al evaluar el té de composta en el crecimiento y producción de tomate, no se encontró diferencia significativa entre tratamientos, presentando valores entre 6.65 y 7.17 cm, resultado que difiere del promedio general de diámetro polar, de 5.15 cm, obtenido en el presente trabajo.

Rodríguez *et al.*, (2009) al evaluar el uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero, la mejor respuesta lo presentó con la fertilización 0.5 L té de compost sin diluir, reporta un diámetro polar de 5.7 cm,

resultado que difiere del promedio general de diámetro polar, de 5.15 cm, obtenido en el presente trabajo.

En cuanto en esta variable de diámetro polar, los resultados obtenidos demostraron similitud con los obtenidos por Alvarado *et al.*, (2014) al evaluar micorriza arbuscular en agricultura protegida, mostrando una media de 5.5 cm.

4.3.6 Espesor de pulpa

En el análisis de esta variable espesor de pulpa se determinó que no hay diferencia significativa entre tratamientos.

El mayor valor numérico de espesor de pulpa lo presentó el tratamiento T₂ (Té de vermicompost + 1.5 g de micorrizas) con un valor de 0.91 cm, mientras que en la tercera y cuarta cosecha el tratamiento T₄ (Té de vermicompost + 2.5 g de micorrizas) obtuvo el mayor valor 0.64 a 0.66 cm, mientras que el menor espesor de pulpa en la cuarta cosecha lo presentó el tratamiento T₃ (Té de vermicompost + 2.0 g de micorrizas), obteniendo un valor 0.46 cm. Obteniendo un promedio general de 0.6 cm espesor de pulpa en las cuatro cosechas evaluadas, como se puede observar en el cuadro 9.

Cuadro 9. Para la variable espesor de pulpa (cm) resultado de la evaluación de té de vermicompost y micorrizas en la productividad de tomate bajo cubierta.

Tratamiento	Cosecha			
	1	2	3	4
Té de vermicompost (Testigo)	0.86 a	0.69 a	0.56 a	0.54 a

Té de vermicompost + 1.5 g de micorrizas.	0.91 a	0.75 a	0.61 a	0.49 a
Té de vermicompost + 2.0 g de micorrizas.	0.79 a	0.71 a	0.59 a	0.46 a
Té de vermicompost + 2.5 g de micorrizas.	0.86 a	0.68 a	0.64 a	0.66 a

Letras iguales indican diferencias estadísticamente no significativas $p < 0,05$.

En cuanto a esta variable de espesor de pulpa, los resultados obtenidos por Rodríguez *et al.*, (2009) al evaluar el uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero, donde no se encontró diferencia significativa entre tratamientos, mostrando una media de 0.8 cm, resultado que difiere del promedio general de grosor de pulpa, de 0.6 cm, obtenido en el presente trabajo.

4.3.7 Sólidos solubles totales

Para la variable sólidos solubles totales (SST) el análisis estadístico determinó que no hay diferencia significativa entre tratamientos.

El mayor valor numérico de sólidos solubles totales (°Brix) lo presentó el tratamiento T₁ (Testigo) que se fertilizó con Té de vermicompost, obteniendo un valor de 6.1 °Brix, de la cosecha número dos, mientras que el tratamiento que presentó menor contenido de SST en esta variable fue el T₃ (Té de vermicompost + 2.0 g de micorrizas) con 5.21 °Brix. Obteniendo un promedio general de 5.6 °brix en las cuatro cosechas evaluadas, como se pudo observar en el cuadro 10.

Cuadro 10. Variable Sólidos Solubles Totales (°Brix) resultado de la evaluación de té de vermicompost y micorrizas en la productividad de tomate bajo cubierta.

Cosecha

Tratamiento	1	2	3	4
Té de vermicompost (Testigo)	5.43 a	6.10 a	5.51 a	5.53 a
Té de vermicompost + 1.5 g de micorrizas.	5.85 a	5.75 a	5.66 a	5.49 a
Té de vermicompost + 2.0 g de micorrizas.	5.67 a	5.86 a	5.41 a	5.21 a
Té de vermicompost + 2.5 g de micorrizas.	5.67 a	5.57 a	5.83 a	5.46 a

Letras iguales indican diferencias estadísticamente no significativas $p < 0,05$.

Vázquez *et al.*, (2015) al evaluar el té de composta en el crecimiento y producción de tomate, no encontró diferencia significativa entre tratamientos, los valores medios de los tratamientos con té de composta fluctúan entre 4.25 y 4.45 °Brix, resultado que difiere al valor obtenido para SST del presente trabajo, que presento una media general de 5.6 °Brix.

Charles y Martín (2015) al evaluar el uso y manejo de hongos micorrízicos en el cultivo de tomate, encontraron diferencia significativa entre tratamientos, al hacer la inoculación HMA, con valores de 4.29 a 5.15 °Brix, lo cual no concuerda con los resultados obtenidos, ya que en el presente trabajo no se determinó diferencia significativa entre tratamientos, sin embargo el promedio general de SST es mayor, con 5.6 °Brix.

4.3.8 Peso fresco

En el peso fresco de tallo no se encontró diferencia significativa entre tratamiento. El mayor valor numérico lo presento el tratamiento T₃ (Té de vermicompost + 2.0 g de micorrizas) con 222.00 g, mientras que el menor lo

presentó el tratamiento T₁ (Testigo) con fertilización de Té de vermicompost, con un valor de 175 g, como se puede observar en el cuadro 11.

En el caso de las hojas no se encontró diferencia significativa entre tratamiento. El mayor valor numérico lo presentó el tratamiento T₄ (Té de vermicompost + 2.5 g de micorrizas) con un valor de 365.00 g, mientras el que obtuvo menor peso fue T₃ (Té de vermicompost + 2.0 g de micorrizas) con un valor 278.00 g, como se puede observar en el cuadro 5.

Para la variable peso fresco de raíz el análisis estadístico determinó que hay diferencia significativa entre tratamientos. El mayor valor lo presentó el tratamiento T₄ (Té de vermicompost + 2.5 g de micorrizas) con un valor 133.00 g, por lo contrario el que presentó menor peso fresco de raíz fue el tratamiento T₂ (Té de vermicompost + 1.5 g de micorrizas) con 89.00 g, como se puede observar en el cuadro 11.

Cuadro 11. Variable peso fresco (g) resultado de la evaluación de té de vermicompost y micorrizas en la productividad de tomate bajo cubierta.

Tratamiento	Tallo	Hoja	Raíz
Té de vermicompost (Testigo)	175.00a	329.00 a	104.00 ab
Té de vermicompost + 1.5 g de micorrizas.	201.00 a	297.00 a	89.00 b
Té de vermicompost + 2.0 g de micorrizas.	222.00 a	278.00 a	119.00 ab
Té de vermicompost + 2.5 g de micorrizas.	195.00 a	365.00 a	133.00 a

Letras diferentes representan diferencias significativas entre los tratamientos para $p < 0,05$.

Cristóbal *et al.*, (2010) al evaluar el efecto de la aplicación del hongo micorrízico arbuscular *Glumus intraradices* en plantas de tomate en condiciones protegidas, en el peso fresco de raíz, no encontró diferencia significativa ente tratamiento, obteniendo un valor de 33.06 a 40.94 g, resultado diferente al obtenido en este trabajo, ya que el mayor peso fresco de raíz los presentó el T4 con 133.0 g.

V. CONCLUSIONES

Después de haber realizado el análisis de varianza correspondiente para cada una de las variables evaluadas en este experimento se generaron las siguientes conclusiones.

Se determinó diferencia estadística significativa para las variables número de frutos y peso fresco de raíz en las que sobresalió el tratamiento T4 (Té de vermicompost + 2.5 g de micorrizas).

Para las variables altura de planta, peso de fruto, espesor de pulpa, sólidos solubles totales, diámetro ecuatorial y polar no se encontró diferencia significativa entre tratamientos.

Los resultados obtenidos en este trabajo muestran que el uso de biofertilizantes y abonos orgánicos es prometedor en la producción orgánica de tomate en invernadero.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adlercreutz. E., Huarte R. D., López C. A., Manzo. E., Szczesny. A., y L. Viglianchino. 2013. Producción de hortícola bajo cubierta. Buenos Aires. Ed. INTA. 2014. Pp. 131 – 139.
- Allende C. M. 2017. Manuel de cultivo del tomate al aire libre. Importancia y consideraciones del cultivo de tomate. Santiago, Chile. Pp. 16 – 17.
- Alvarado C. M., Díaz F. A., y Peña del Río. M.A de los. 2014. Productividad de tomate mediante micorriza arbuscular en agricultura protegida. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. México. Vol 5. Núm. 3. Pp. 513 – 518.

- Armenta-Borjóquez, A. D., C. García-Gutierrez, J. R., Camacho-Báez, M. Á., Apodaca-Sánchez, L., Gerardo-Montoya y E. Nava-Pérez. 2010. Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. *Ra Ximhai*. 6:51-56.
- Ávila-Peralta O., Mendoza-Villarreal, R., Valdez-Aguilar, L., Rodríguez Campos E., Hernández-Pérez A., & Cárdenas-Flores A. (2018). Crecimiento y estado nutrimental de tomate en respuesta a sustratos orgánicos y hongos micorrízicos. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, (12), 2409-2422. <https://doi.org/https://doi.org/10.29312/remexca.v0i12.771>
- Biurrun, R., Malumbres, A., Aguado, G., Zuñiga, J., Gurpegui, M., Lezaun, J., y Garnica, I. 2012. «Control de plagas en tomate»; *Navarra Agraria* (192). pp. 21-24.
- Bonachela C, S., Acuña L, R. A., y J.J. Magán C. 2008. SUSTRATOS INERTES. CARACTERIZACIÓN FÍSICA. OXIGENACIÓN DE LOS SUSTRATOS. *Innovación*. Pp. 1 – 10.
- Boraste, A., Vamsi, K.K., Jhadav, A., Khairnar, Y., Gupta, N., Trivedi, S., Joshi, B. 2009. Biofertilizers: A novel tool for agriculture. *International Journal of Microbiology Research*. Num. 2. Pp. 23.
- Borguini, J., y Ferraz, E. 2009. Tomatoes and tomato products as dietary sources of antioxidants. *Food Reviews international*. 25: Pp. 313-325.
- Bugianesi, R., Salucci, M., Leonardi, C., Ferracane, R., Catasa, G., Azzini, E., y Maiani, G. 2004. Effect of domestic cooking on human bioavailability of naringenin, chlorogenic acid, lycopene and B-carotene in cherry tomatoes. *European Journal of Nutrition*. 43: Pp. 360-366.
- Bures P, S. 1997. *Sustratos*. Ediciones Agrotécnicas. Madrid. Pp. 342.
- Bulluck, L.R., M. Brosius, G. K. Evanylo., and J. B. Ristainio. 2002. Organics and synthetic fertility amendments influence soil microbial, physical and chemical properties on organic and conventional farms. *App. Soli Ecol*. Vol. 19. Pp. 147 – 160.

- Bustamante O, J. de D., Vázquez A, J.M.P., Trujillo C, A., Reyes R, J., y O. Escalona F. 2013. Manual para el cultivo del jitomate en Bioespacio e invernadero. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Pacífico Sur, Campo Experimental Zacatepec. Zacatepec, Morelos. Libro técnico No.11.Pp. 190.
- Cabrera G, M.A., y N. Contreras G. 2005. Manual de agricultura organica sustentable. Benson Agriculture and Food Institute. Pp. 6.
- CABRERA, R. I. 1995. Fundamentals of Container Media Management, Part. 1. Physical properties. Rutgers Cooperative Extension Factsheet No. 950. Pp. 4.
- Carravedo F, M., y Galarreta G, J.R. de. 2005. Variedades autóctonas de tomete del país vasco. Pp. 10-11.
- Carvajal, M. 2017. INVESTIGACIÓN SOBRE LA ABSORCIÓN DE CO₂ POR LOS CULTIVOS MÁS REPRESENTATIVOS. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Murcia. Pp. 1 – 2.
- CASTAÑEDA-MIRANDA, R., VENTURA-RAMOS, E., PENICHE-VERA, R. DEL R., HERRERA-RUIZ, G. 2007. Análisis y simulación del modelo físico de un invernadero bajo condiciones climáticas de la región central de México. Agrociencia. Vol. 41. Pp. 317 – 335.
- Castro, J. D., Gómez, J. G., y Rivera, M. J.G. 2014. DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN DE UN INVERNADERO DE PLÁNTULAS DE TOMATE ROJO. Ciencia e Ingeniería. N°. 2. Pp. 1 -20.
- Cerna B. L.A. 2007. Agrotenia sustentable. UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO TRUJILLO. PERÚ. Pp. 18.
- CHAMARRO P, J. La. 1995. Anatomía y fisiología de la planta. En: Nuez, F. El cultivo de tomate. Ediciones Mundi- prensa. España: Pp. 43, 91, 792.

- Chavarría V., M. 2006. El uso de microorganismos benéficos: Biofertilizantes y Biocontroladores. Disponible en: http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/biofertilizantes_biocontroladores.pdf. 25/04/2018.
- Ciseros V. F. 1995. Control de Plagas Agrícolas. Lima. Perú. Pp. 1-4.
- Comisión Nacional del Agua (CNA). 2002. Gerencia regional. Cuencas Centrales del Norte, Subgerencia Regional Técnica y Administrativa del Agua. Torreón, Coahuila.
- Cristóbal A. J., Herrera-Parra. E., Reyes O. V., Ruiz S. E., Tun S. J.M., y Celis R. T. 2010. *Glomus intraradices* para el control de *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood en condiciones protegidas. Fitosanidad. Ciudad de la habana. Vol. 14. Pp. 25 – 29.
- Cruz C, E., Can C, A., Sandoval V, M., Bugarin M, R., Robles B., y P. Juarez L. 2012. Sustratos en la horticultura. Unidad Académica de Agricultura. Universidad Autónoma de Nayarit. Revista Bio Ciencias. vol. 2. Núm. 2. Pp. 17-26.
- Davies j. N., Hobson G. E., and W.B. McGlasson. 1981. The constituents of tomato fruit — the influence of environment, nutrition, and genotype. CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 15. Pp. 205-280.
- Cruz R.A. de la. 2005. Aprovechamiento de residuos organicos a traves de composteo y lombricomposteo. Simposio Nacional de Horticultura. Departamento de Fitomejoramiento. U.A.A.A.N.
- Díaz S. F.R. 2004. Selección de sustratos para la producción de hortalizas en invernadero. Instituto de ciencias Agrícolas. Irapuato. Pp. 45.
- Doria. J. 2010. GENERALIDADES SOBRE LAS SEMILLAS: SU PRODUCCIÓN, CONSERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO. Cultivo tropicales. Vol. 31. Pp. 74 – 85.

- Eguillor R. P. 2017. Agricultura orgánica, productos orgánicos, certificación orgánica, uva vinífera, frutales, hortalizas, praderas, cereales, semillas y plantines. Odepa. Pp. 1 – 2.
- Escobar, H., y R. Lee. 2009. Manual de producción de tomate bajo invernadero. Bogotá: fundación Univesidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Pp. 14.
- Federacion de cooperativas Agroindustriales de Nicaragua R.L. (FENIAGRO). 2010. Formulación del Proyecto: “Biofertilizantes, bioprotectores y biorestauradores Micorrizicos para la producción agroecológica en las fincas de los Productores de café”. Disponible en: <http://www.renida.net.ni/renida/funica/REE14-F981b.pdf>. 25/04/2018.
- Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica (IFOAM). 2009. La Agricultura Orgánica y la Salud Humana. Alemania. Pp.2.
- Fernández-R. V., M. Camara., y J.C. Quintela. 2007. Ingredientes bioativos de tomate: el licopeno. Pp. 36-40.
- Fischer, G., y C. Patricia P. 2012. Efectos de la radiación solar en la calidad de los productos hortícolas. Sociedad colombiana de ciencias hortícolas. Bogotá. Pp. 28 – 30.
- Gallegos P, A., Figueroa v, R., Quevedo G, J.D., Martinez R, A., Fernando S, M., Escobedo F, J., y Flores M, J.J. 2013. Sustratos organicos, su efecto en los índices de crecimiento de plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum*; mill). Revista. AGROFAZ. VOL. 13. Pp. 1 - 10.
- García, S. D. 2017. Micorrizas, los Biofertilizantes del Futuro que Vienen del Pasado. Serie Nutrición Vegetal Núm. 90. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. Pp. 5.
- Gómez T, L., Gómez C, M.A., y R. Schwentesius R. 2002. Dinámica del mercado internacional de productos orgánicos y las perspectivas para México. Pp. 54 – 58.

- Gómez T,L., y M.A Gómez C. 2004. La agricultura organica en Mexico y en el mundo. CONABIO. Biodiversitas. 55. Pp. 13-15.
- Gómez. D., Y M. Vásquez. Abonos orgánicos. (PYMERURAL y PRONAGRO). 2011. Disponible en: <http://www.metrocert.com/files/abonos%20organicos%2024-05-2011.pdf>. 25/03/2017.
- Gusman-Cruz. R., Castañeda-Riranda. R., Garcia-Escalante. J.J., Lara-Herrera. A., Serroukh. I., y L. O. Solis-Sánchez. 2010. Algoritmos genéticos para la calibración del modelo climático de un invernadero. Revista Chapingo. Serie horticultura. Vol. 16. Pp. 23 – 30.
- Hernandez, J., Eacobar, I., y N. Castilla. 2001. La radiación solar en invernaderos mediterráneos. Tecnología de producción. Pp. 1 – 2.
- Hortoinfo. 2017. Récord histórico en la producción mundial de tomate, superando los 177.000 millones de kilos. Disponible en: <http://www.hortoinfo.es/index.php/informes/cultivos/5897-inf-tomate-2017>. 23/03/2018.
- Huertas. L. 2008. El control ambiental en invernaderos: humedad relativa. Tecnología de producción. Industria Hortícola. Pp. 52.
- Iglesias. M. 2006. Producción de hortalizas bajo cubierta. Estructua y manejo de cultivos para la Patagonia Norte. Centro reginal Patagonia Norte-Esacion Experimental Agropecuario Alto Valle. N. 3. Pp. 3 - 4.
- Infoagro Systems S.L. 2016. El cultivo de tomate: Parte I. (en línea). Madrid, España. s.p. Consultado 20 marzo 2018. Disponible en: <http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate.htm>
- INFOAGRO. 2017. Tipos de sustratos de cultivo. Consultado en 21 abril 2018. Disponible en: http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_sustratos.htm.
- INFOAGRO. 2018. El cultivo de tomate. Consultado el 26 de marzo de 2018. Disponible En: <http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate.htm>.

- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2012. Introducción al uso y manejo de los biofertilizantes en la agricultura. Pp. 35.
- Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura (INTAGRI). 2017. Inyección de Bióxido de Carbono (CO₂) en Invernadero. Disponible en: [https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/inyeccion-de-bioxido-de-carbono-\(CO2\)-en-invernadero](https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/inyeccion-de-bioxido-de-carbono-(CO2)-en-invernadero). 15/04/2018.
- JARAMILLO N, J., RODRÍGUEZ, V. P., GUZMÁN A, M., ZAPATA C. M., y RENGIFO M, T. 2007. Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de Tomate Bajo Condiciones Protegidas. FAO. Medellín. Pp. 72 – 103.
- Jiménez M. E. 2009. Métodos de Control de Plagas. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA FACULTAD DE AGRONOMÍA. Nicaragua. Pp. 22.
- Juárez L. P., Bugarín M. R., Castro B. R., Sánchez-Monteón. A.L., Cruz-Crespo. E., Juárez R. C.R., Alejo S. G., y R. Balois M. 2011. Estructuras utilizadas en la agricultura protegida. Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit. Pp. 22.
- López M. L.M. 2016. MANUAL TÉCNICO DEL CULTIVO DE TOMATE (*Solanum lycopersicum*). Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. (INTA). San José, Costa Rica. 2017. Pp. 13.
- López-Gómez, B.F., A. Alarcón., R. Quintero-Lizaola., y A. Lara-Herrera. 2015. Selección de cepas de hongos micorrízicos arbusculares en dos sistemas de producción de chile. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Pp. 1203 - 1214.
- Ley-Rivas. J.F., Sanchez. J.A., Ricardo. N.E., y Callazo. E. 2015. Efecto de cuatro especies de hongos micorrizógenos arbusculares en la producción de fruto de tomate. Agronomía Costarricense. San José, Costa Rica. Vol. 39. Pp. 46 – 59.

- Lorenzo, P. 2012. El cultivo en invernadero y su relación con el clima. Cuadernos de estudios agroalimentarios. Pp. 25.
- Marco P. M. 2006. Manual de agricultura protegida los 5 pilares. Manual de agricultura. Escuela Panamericana, 2014. Pp. 5 - 8.
- Muñoz R., .J.J. 2003. El cultivo de tomate en invernadero. En: Muñoz R., J. J. y Castellanos Z., J. (eds) Manual de producción hortícola en invernadero. INCAPA. México. Pp. 226 – 262.
- Marín. M.C. 2013. Diseño de invernadero. Instrucciones técnicas. En línea en: <https://www.portalfruticola.com/assets/uploads/2017/07/Manual-de-Invernaderos-2.pdf>
- Márquez-Hernández. C., Cano-Ríos. P. Figueroa-Viramontes. U., Avila-Diaz., Rodríguez-Dimas., N., y García-Hernández J.L. 2013. Redimiendo y calidad de tomate con fuentes orgánicas de fertilización en invernadero. México. Pp. 58 – 60.
- Márquez C., y Cano P. 2005. Producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. Actas Port. Hort. 5: Pp. 219-224.
- Márquez H. C., Cano R. P., y Rodríguez D. N. 2008. Uso de sustratos orgánicos para la producción de tomate en invernadero. Agricultura técnica México. Vol.34. Pp. 69-74.
- Márquez-Hernández C., Cano-Ríos P., Chew-Madinaveitia YI, MorenoReséndez A., y Rodríguez-Dimas N. 2006. Sustratos en la producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. Rev. Chapingo Ser. Hort. 12: Pp. 183-189.
- Martínez P. R., y Soriano F. A.R. 2014. Propiedades físicas y químicas de los sustratos. Tecomán, Colima, México. Desplegable para productores No. 11. Pp. 2.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA). 2008. LABORES ESPECÍFICAS DEL CULTIVO DEL TOMATE. España. 1 – 9.

- Moreno R., A., Gómez F., L., Cano R., P., Martínez C., V., Reyes C., J.L., Puente M., P.J., y Rodríguez D., N. 2008. Genotipo de tomate en mezclas de vermicompost: arena en invernadero. *Terra Latinoamericana*. Vol. 26. Núm. 2. Pp. 103 – 109.
- Monardes M.,H., V. Escalona C., P. Alvarado V., C. Urbina Z., y A. Martin B. 2009. MANUAL DE CULTIVO DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Pp. 10.
- Montero, L; C., Duarte; R. Cun; J. A. Cabrera y P. J. González. 2010. Efectividad de biofertilizantes micorrízicos en el rendimiento del pimiento (*Capsicum annum* L. var. Verano 1) cultivo en diferentes condiciones de humedad del sustrato. *Cultivos Tropicales*. 31 (3):11 - 14.
- Moya, C., M. Álvarez G., C. de la Fe., M. Florido., M. Ponce., D. Plana., F. Dueñas., J. Rodríguez., J. Arzuaga., J. Hernández., y A. Caballero. 2010. La selección participativa de variedades (SPV) en el cultivo del tomate. *Cultivos Tropicales*. Pp. 87-92.
- Charles, N.J., y Martín A. N.J. (2015). 2015. Uso y manejo de hongos micorríticos arbusculares (HMA) y humus de lombriz en tomate (*Solanum lycopersicum* L.), bajo sistema protegido. *Cultivo Tropicales*. Vol. 36. Pp. 55 – 64.
- Nacional. Bases técnicas y situación actual. Chile. Pp. 10.
- Notario-Medellin, C.M., y M.E. Sosa-Morales. 2012. El jitomate (*solanum lycopersicum*): aporte nutricional, enfermedades postcosecha y tecnologías para su almacenamiento en fresco. Pp. 40 - 41.
- Ochoa-Martínez. E., Figueroa-Viramontes. U., Cano-Ríos., P., Preciado-Rangel, P., Moreno-Reséndiz. A., y Rodríguez- Dimas. 2009. Té composta como fertilizante orgánico en la producción de tomate (*Lycopersicon esulentun Mil.*) en invernadero. *Revista chapingo serie horticultura*. Vol. 15. Núm. 3. Pp. 245 – 250.

- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2003. Agricultura Orgánica: una herramienta para el desarrollo rural sostenible y la reducción de la pobreza. Costa Rica. Pp. 5.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (FAO). 2010. INFOODS Food Composition Database for Biodiversity versión 1.0.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (FAO). 2012. El cultivo de tomate con buenas prácticas agrícolas en la agricultura urbana y periurbana. Pp. 9 -10.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (FAO). 2002. El cultivo protegido en clima mediterráneo. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/005/s8630s/s8630s00.htm#Contents>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (FAO). 2012. Guía para la construcción de invernaderos o fitotoldos. En línea en: <http://www.fao.org/3/a-as968s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2013. MANUAL DE COMPOSTAJE DEL AGRICULTOR. Experiencias en América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. Pp. 72.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (FAOSTAT) 2016. Datos de alimentación y agricultura. En línea. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Las buenas prácticas agrícolas. Pp. 35 - 36.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2013. EL CULTIVO DE TOMATE CON BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS EN LA AGRICULTURA URBANA Y PERIURBANA. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3359s.pdf> 06/05/2018.
- Oyorzaval L. A.M. 2012. PLANTA DE JITOMATE (*Lycopersicon* sp.) EN INVERNADERO 2012. Disponible en:

<https://www.extension.msstate.edu/sites/default/files/publications/publications/P2419.pdf> 01/05/2018.

Pacheco. A.J. 2010. Ventajas y desventajas del uso de invernadero. Disponible en: <http://acea.com.mx/articulos-tecnicos/alex-j-pacheco/43-i-introduccion-114-ventajas-y-desventajas-del-uso-de-invernaderos> 08/05/2018.

Peña B, M.D., Zayas P, M.R. de., y R.M. Rodríguez F. 2015. La producción científica sobre biotilizantes en cuba en el periodo 2008-2012: un análisis bibliométrico de las revistas cubanas. *Cultivos tropicales*. Vol 36. Pp. 44 – 54.

Pérez J., G.Hurtado., V. Aparicio., Q. Argueta., y M.A. Larín. 2002. Guía técnica cultivo de tomate. Pp. 9.

Podeszinski C, Dalpé Y, Charest C (2002) In situ turfgrass establishment: I. Responses to arbuscular mycorrhizae and fertilization. *J Sustain Agric*. 20: 57–74

Reche M. J. Poda de hortalizas en invernadero (Berenjena, Pimiento y Tomate). Ministerio de agricultura pesca alimentación. Secretaria general técnica. Pp. 21 – 25.

Rincón M., H. 2014. Calidad y producción de tomate bola (*Lycopersicon esculentum*) bajo el sistema de cultivo sin suelo. Pp. 1-76.

Ruiz M, J., Vicente, A.A., Montáñez S, J.C., Rodríguez H, R. y Aguilar G, C.N. 2012. Un tesoro percedero en México: el tomate, tecnologías para prolongar su vida de anaquel. (54). Pp. 42 - 48.

Rodríguez D., N., Cano R., P., Figueroa V., U., Palomo G., A., Favela C., E., Alvarez R., V.P. de., Márquez H.,C., y Moreno R., A. 2008. Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. *Fitoc. Mexico*.vol. 31. Num. 3. Pp. 265-272.

Rodríguez D., M., Cano R., P., Figueroa V., U., Favela C., E., Moreno R., A., Márquez H., C., Ochoa M., E., y Preciado R., P. 2009. Uso de abonos

- orgánicos en la producción de tomate en invernadero. México. Vol. 27. No. 4. Pp. 323.
- Salazar S, E., Fortis H, M., Vázquez A, M., Y C. Vázquez V. 2003. Agricultura Orgánica. Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, COCyTED. Gómez Palacio, México. Pp. 1 - 2.
- Salgado-Barreiro, C. S., A. Bravo-Patiño, E. T. Wang., y R. Cárdenas-Navarro. 2012. Efecto de la inoculación con *Glomus intraradices* y de la fertilización nitrogenada en el crecimiento de plantas de fresa. *Scientia Agropecuaria*. Pp. 171-179.
- Samperio, R. G. 2004. Un paso más en la hidroponía. Editorial Diana S.A de C.V. Mexico D.F. PP. 57 – 71.
- Sánchez L., D.B., Gomez-Vargas, R.M., Garrido R, M.F., Y Bonilla B, R.R. 2012. Inoculación con bacterias promotoras de crecimiento de crecimiento vegetal en tomate bajo condiciones de invernadero. *Revista Mexicana de ciencias agrícolas*. Vol. 3. Num. 7. Pp. 1 - 13.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2017. AUMENTA 35 POR CIENTO PRODUCCIÓN DE JITOMATE "HECHO EN MÉXICO.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2016. Avanza México en la producción de alimentos orgánicos certificados. México. Pp. 1 – 2.
- Teresa L. S. 2014. Té de vermicompost: alternativa para la producción de chile jalapeño bajo condiciones protegidas. Tesis. Universidad autónoma agraria antonio narro. Unidad laguna. Torreón, coahuila, méxico. Pp. 1-46.
- Usuga O., C. E., D. A. Castañeda S., A. E. Franco M., F. A. Gomez V., y C. A. Lopera A. 2008. EFECTO DE LA MICORRIZACIÓN Y LA FERTILIZACIÓN EN LA ACUMULACIÓN DE BIOMASA EN PLANTAS DE BANANO. *Revista*

Facultad Nacional de Agronomía - Medellín, vol. 61, núm. 1, junio, 2008, pp. 4269 - 4278.

Vázquez V, P., García L, M Z., Navarro C, M C., y García H, D. 2015. EFECTO DE LA COMPOSTA Y TÉ DE COMPOSTA EN EL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE TOMATE (LYCOPERSICON ESCULENTUM MILL.) EN INVERNADERO. Revista Mexicana de Agronegocios, vol. 36. Pp. 1351-1356

Vallejo C. F.A., y Estrada S. E.V. 2004. Producción de hortalizas de clima cálido. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. Pp. 51.

Villegas-Cornelio, V.M., y Laines C, J.R. 2017. Vermicomposting: I progress and strategies in the treatment of organic solid waste. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol. 8 Núm. 2. Pp. 393 - 406.

Willer, H., Lernoud, J., and Kilcher, L. 2013. The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2013. FiBL-IFOAM Report. Bonn: Research Institute of Organic Agriculture (FiBL), Frick, and International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM).

Zamora, K., Castro, L., Wang, A., Arauz, L.F., y L. Uribe. 2017. USO POTENCIAL DE LIXIVIADOS Y TÉS DE VERMICOMPOST EN EL CONTROL DEL OJO DE GALLO DEL CAFETO *Mycena citricolor*. Agronomía Costarricense. Pp. 33 – 51.